



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



**Optimização de Instalações Frigoríficas para um
Matadouro Industrial em Ambiente Real de Concepção e
Projecto**

SARA ALVES BRAZONA

(Licenciada em Engenharia Mecânica)

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

Orientador (es):

Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Professor Adjunto António Manuel Matos Guerra

Júri constituído pelos Professores:

Presidente: Prof. Doutor Rui Pedro Chedas Sampaio, Professor Coordenador do ISEL/IPL

Vogal: Eng.º Esp.ª Eduardo Nunes, Especialista do ISEL/IPL

Vogal: Prof. Esp.ª Francisco Manuel Gonçalves dos Santos, Equiparado a Professor Adjunto do ISEL/IPL

Janeiro de 2015



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica



**Optimização de Instalações Frigoríficas para um
Matadouro Industrial em Ambiente Real de Concepção e
Projecto**

SARA ALVES BRAZONA

(Licenciada em Engenharia Mecânica)

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

Orientador (es):

Professor Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Professor Adjunto António Manuel Matos Guerra

Júri constituído pelos Professores:

Presidente: Prof. Doutor Rui Pedro Chedas Sampaio, Professor Coordenador do ISEL/IPL

Vogal: Eng.º Esp.ª Eduardo Nunes, Especialista do ISEL/IPL

Vogal: Prof. Esp.ª Francisco Manuel Gonçalves dos Santos, Equiparado a Professor Adjunto do ISEL/IPL

Janeiro de 2015

Agradecimentos

Foram muitas ajudas por parte de colegas de trabalho, no entanto quero realçar os meus agradecimentos a todos, os que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste Trabalho, onde tantas horas, tantos dias me empenhei com extrema dedicação, destacando os seguintes:

- Ao meu orientador de estágio, Eng. Mário da Cruz Barroso, que tanto me ensinou ao longo da elaboração e execução deste projecto, quer do ponto de vista profissional, quer do ponto de vista pessoal;
- Ao meu orientador do ISEL, Professor Gonçalves dos Santos pela amizade, pela confiança depositada em mim, disponibilidade e apoio prestado na orientação e elaboração desta tese;
- Aos meus colegas de trabalho pelo apoio dado nesta fase em que tive de me dedicar com especial atenção a este trabalho;
- Aos meus amigos pela paciência, pela motivação, e por estarem sempre dispostos a ajudar em qualquer situação;
- Aos meus pais por estarem ao meu lado, pela força, pela coragem e por acreditarem sempre em mim.

Resumo

O propósito deste trabalho é a pesquisa com vista à elaboração de um projecto em âmbito de estágio em condições reais de um matadouro de bovinos, suínos e ovinos/caprinos.

O presente trabalho integra uma unidade industrial localizada em Ur, perto dos Pirinéus (França) com uma capacidade de abate de 80 bovinos e 500 suínos e 600 ovinos, nas cerca de 5 horas de trabalho diárias. Toda a carne consumível advém desta indústria, e um dos factores a considerar neste ponto são as condições higio-sanitárias, que visam melhorar a qualidade do produto a distribuir pela população e também os factores influentes na conservação de alimentos.

Um correcto funcionamento da instalação advém do correcto dimensionamento de todas as instalações do Matadouro. Para tal, o desenvolvimento, pesquisa de materiais e equipamentos adequados a cada instalação a serem utilizados nos diferentes espaços frigoríficos desta unidade, foram essenciais para que a instalação labore com qualidade e sem perdas de energia desnecessárias.

A metodologia seguida neste trabalho é apresentada com o fim de se elaborar um projecto real de toda a unidade industrial.

Palavras-chave

Instalações Técnicas Básicas

Instalações Técnicas Especiais

Frio Industrial

Abstract

The purpose of this work is the research and development of a project on a internship under real conditions in a bovines, pigs and sheep slaughterhouse.

This study integrates an industrial sized unit in Ur, near the Pyrenees (France) with a capacity of 80 bovines and 500 pigs and 600 sheeps with capacity of 5 hours daily work. All consumable meat comes from this industry, and one of factors to consider at this point are the hygiene and sanitary conditions, to improve the quality of the product to be distributed by the population, and also the influential factors in food preservation.

Proper functioning of the facility comes from the correct sizing of all the facilities of the Slaughterhouse. For this development, materials research, and appropriate equipment to each installation to be used in different refrigerated spaces of this unit, was essential for the installation to work with quality and without unnecessary loss of energy.

The methodology followed in this work is presented in order to develop a real project for the industrial unit.

Keywords

Basic Technical Installations

Special Technical Installations

Industrial Refrigeration

Índice

Índice de Figuras	17
Índice de Tabelas	18
Índice de Tabelas	20
Lista de Abreviaturas.....	22
1. Introdução.....	24
1.1 A Empresa.....	24
1.2 O Estágio.....	24
1.3 O ISEL	25
1.4 Enquadramento geral	26
1.5 O Projecto	28
1.6 Objectivos do trabalho	29
1.7 Estrutura do Documento	29
2. Caracterização do Matadouro.....	30
2.1 Localização do Matadouro.....	30
2.2 Estruturação geral do edifício	31
2.2.1 “Combles” e Rés-do Chão.....	31
2.2.2 Nave de abate.....	31
2.2.3 Zona Fria	32
2.2.4 Abegoarias.....	32
2.2.5 Área Administrativa e Social.....	32
2.2.6 Outras áreas de importância	33
3 Condições de Projecto	34
3.1 Generalidades.....	34
3.2 Enquadramento Regulamentar.....	34
3.3 Normas.....	34
3.4 Condições Gerais Exteriores de Projecto.....	36
3.5 Objectivos Principais	37
3.6 Projectos de Execução que foram entregues.....	38

3.7	Dimensionamento: Critério geral.....	39
3.7.1	Cálculo dos caudais de dimensionamento	39
3.7.2	Estimativa do diâmetro mínimo da tubagem – Cálculo Analítico.....	40
3.7.3	Determinação das perdas de carga	41
3.7.3.1	Perdas de carga associadas às características da tubagem.....	41
3.7.3.1.1	Perdas de carga contínuas	41
3.7.3.1.2	Perdas de carga localizadas.....	42
3.7.3.1.3	Perda de carga total.....	43
3.7.3.1.4	Espessuras dos isolamentos	43
3.7.4	Caudais instantâneos dos lavatórios presentes no matadouro	44
3.7.5	Espaçamento entre tubagens.....	44
3.7.6	Material.....	45
3.7.7	Suportes	45
3.7.8	Compensadores de dilatação	46
3.7.9	Circuitos fechados e de Retorno de água a quente	46
CAP. I.....		47
4	. Água Fria	48
4.1	Princípio.....	48
4.2	Funcionalidade.....	48
4.3	Principais Especificações Técnicas.....	49
4.3.1	Material.....	49
4.3.2	Dimensionamento da rede	50
4.3.3	Procedimento de cálculo.....	51
4.3.4	Peças desenhadas.....	54
5	. Água Quente 55°C	55
5.1	Princípio.....	55
5.2	Funcionalidade.....	55
5.3	Principais Especificações Técnicas.....	55
5.3.1	Material.....	55
5.3.2	Dimensionamento da rede	56
5.3.3	Procedimento de cálculo.....	57
5.3.4	Peças desenhadas.....	59

6	. Água Quente da rede de esterilização a 85°C	60
6.1	Princípio.....	60
6.2	Funcionalidade.....	60
6.3	Principais Especificações Técnicas.....	61
6.3.1.	Material.....	61
6.3.2.	Dimensionamento da rede	61
6.3.3.	Procedimento de cálculo.....	62
6.3.4.	Peças desenhadas.....	64
7	. Água Pressurizada a 55°C pressurizada a 25 bar	65
7.1	Princípio.....	65
7.2	Funcionalidade.....	65
7.3	Principais Especificações Técnicas.....	66
7.3.1	Material.....	66
7.3.2	Dimensionamento da rede	66
7.3.3	Procedimento de cálculo.....	66
7.3.4	Peças desenhadas.....	70
8	. Rede de água quente 80°C/60°C	71
8.1	Princípio.....	71
8.2	Funcionalidade.....	71
8.3	Principais Especificações Técnicas.....	71
8.3.1	Material.....	71
8.3.2	Dimensionamento da rede	72
8.3.3	Peças desenhadas.....	72
9	. Central Térmica	73
9.1	Principais Especificações Técnicas - Materiais	73
9.2	Principais Especificações Técnicas – Equipamentos.....	74
9.2.1	Caldeira.....	74
9.2.2	Depósitos de armazenamento	75
9.2.2.1	Procedimento de cálculo do volume dos depósitos e espessura do isolamento.....	76
9.2.3	Permutadores de placas	77
9.2.3.1	Cálculo das potências permutadores	78

9.2.4	Circuladores geminados	78
9.2.4.1	Cálculo dos caudais dos circuladores	79
9.2.5	Central Hidropressora.....	81
9.2.6	Tratamento de águas.....	82
9.2.7	Quadro Eléctrico.....	82
9.2.8	Ventilador	83
9.2.9	Grelhas de porta.....	84
9.2.10	Colectores	84
9.2.11	Disposição dos equipamentos.....	84
9.2.12	Peças desenhadas.....	84
10	Rede de Incêndios.....	85
10.1	Funcionalidade	85
10.2	Principais Especificações Técnicas.....	86
10.2.1	Equipamentos	86
10.2.1.1	Carretéis	86
10.2.1.2	Tubagem	87
10.2.2	Dimensionamento.....	87
11	Ar Comprimido	88
11.1	Princípio	88
11.2	Funcionalidade	89
11.3	Principais Especificações Técnicas Equipamentos - Central de Ar Comprimido	89
11.3.1	Compressor.....	89
11.3.1.1	Seleção do compressor.....	90
11.3.1.2	Quantidade de compressores.....	90
11.3.1.3	Cálculo do compressor.....	91
11.3.2	Reservatórios de Ar Comprimido.....	91
11.3.2.1	Cálculo do reservatório de ar comprimido.....	92
11.3.2.2	Localização dos reservatórios.....	92
11.3.3	Secador	92
11.3.3.1	Cálculo da potência do secador.....	93
11.3.4	Filtros coalescentes.....	93
11.3.5	Caixa de separação de hidrocarbonetos.....	94

11.3.6	Circuito de arrefecimento do compressor.....	94
11.3.7	Tubagem.....	94
11.3.7.1	Dimensionamento da rede - Critérios Gerais.....	94
11.3.7.2	Layout.....	95
11.3.7.3	Problema da perda de carga.....	96
11.3.7.4	Velocidades de passagem.....	97
11.3.7.5	Dimensionamento da tubagem.....	98
11.3.7.6	Procedimento de cálculo.....	100
12	. AVAC.....	104
12.1	Princípio.....	104
12.2	Principais Especificações Técnicas - Equipamentos.....	104
12.2.1	Unidade de Tratamento de Ar.....	104
12.2.2	Tourelles.....	105
12.2.3	Caixas de Ar Novo.....	105
12.2.4	Caixas de duplo fluxo.....	106
12.2.5	Aeroterms.....	106
12.2.6	Cassetes hidrónicas.....	106
12.2.7	Ventilação.....	107
12.2.8	Conduitas – Dimensionamento.....	108
12.2.8.1	Cálculo de condutas circulares.....	108
12.2.8.2	Cálculo das condutas rectangulares.....	109
12.2.9	Peças desenham.....	111
CAP.II	112
13	Frio Industrial.....	113
13.1	Enquadramento geral.....	113
13.2	Introdução.....	114
13.3	Princípio.....	114
13.4	Objectivos.....	114
13.5	Factores de concepção.....	115
13.5.1	Elaboração da instalação em geral.....	115
13.5.2	Disposição geral das câmaras.....	115
13.5.3	Dimensionamento das câmaras.....	116

13.5.3.1.	Critérios base de dimensionamento	116
13.6	Tipos de Câmaras	118
13.6.1	Câmaras de Maturação Bovinos, Suínos e ovinos/caprinos	118
13.6.2	Câmaras de suspeitos e câmara de rejeitados	118
13.6.3	Câmara das miudezas vermelhas	119
13.6.4	Câmara das miudezas brancas	119
13.6.5	Zona de corte de carnes	119
13.6.6	Zona de embalamento.....	119
13.6.7	Zonas de expedição 1, 2 e 3.....	120
13.7	Requisitos que foram aplicados a este Matadouro	120
13.7.1	Higiênicos.....	120
13.7.2	Sequência do Abate	121
13.7.3	Zona de Corte (desmancha).....	124
13.7.4	Armazenagem diversa	124
13.7.5	Recuperação de energia	124
13.8	Condições de Projecto	125
13.8.1	Cargas Térmicas	125
13.9	Descrição da instalação frigorífica.....	126
13.9.1	Princípio de funcionamento de todas as redes de frio	126
13.9.1.1	Rede de água fria glicolada -8°C / -4°C	126
13.9.1.2	Rede de água fria glicolada +35°C / +25°C	126
13.9.1.3	Rede de água fria glicolada +7°C / +12°C	126
13.9.1.4	Produção de Frio no Grupo de Frio	127
13.9.1.5	Grupo arrefecedor	128
13.9.1.6	Rede de distribuição.....	128
13.9.1.7	Rede de descongelação dos evaporadores	128
13.9.1.8	Rede de água glicolada de climatização	129
13.9.2	Potência dos equipamentos.....	129
13.10	Equipamentos	130
13.10.1	Evaporadores	130
13.10.2	Compressor	130
13.10.3	Condensador	131
13.10.4	Válvulas	131
13.10.4.1	Válvulas de 3 vias motorizadas modulantes	131

13.10.4.2	Válvulas de retenção	132
13.10.4.3	Válvulas de corte	132
13.10.5	Isolamento térmico.....	132
13.10.6	Descrição do funcionamento do ciclo de expansão directa	133
13.11	Condições de higiene e Segurança	135
13.12	Sub-Produtos	136
13.13	Tectos, Paredes e Pavimentos	136
13.14	Rede de Esgotos	137
CAP III		139
14	1.Instalações Eléctricas Associadas.....	140
14.1	Central Térmica.....	140
14.2	Central de Ar Comprimido.....	140
14.3	AVAC	140
14.4	Frio Industrial.....	141
Conclusões.....		143
Referências Bibliográficas.....		144
ANEXOS.....		146
ANEXO I – TABELAS DE CÁLCULOS		147
ANEXO II – PEÇAS DESENHADAS		148
ANEXO III - DIVERSOS		149

Índice de Figuras

Figura 1– Localização do edifício em estudo.....	30
Figura 2 – Dimensionamento – Critério geral.....	39
Figura 3 – Compensadores de dilatação	46
Figura 4 – Lavatórios de esterilização.....	60
Figura 5 – Central Hidropressora	65
Figura 6 – Balanço de energias	74
Figura 7 – Ventilador de extração	83
Figura 8 – Grelha de porta.....	84
Figura 9 – Rede de Incêndios	85
Figura 10 – BIATC.....	86
Figura 11 – Secador.....	93
Figura 12 – UTA	104
Figura 13 – Tourelle	105
Figura 14 – Aerotermo	106
Figura 15 – Instalação de frio.....	113
Figura 16 – Funcionamento de um sistema de refrigeração através do ciclo de frio ...	133

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Condições de Projecto	36
Tabela 2 – Isolamentos	43
Tabela 3 – Caudais Instantâneos	44
Tabela 4 – Distância entre suportes	44
Tabela 5 – Material para água fria.....	50
Tabela 6 – Caudais Instantâneos Água Fria	51
Tabela 7 – Materiais água quente 55°C	56
Tabela 8 – Caudais Instantâneos	56
Tabela 9 – Materiais água quente a 85°C	61
Tabela 10 – Materiais da rede a 80°C/60°C	72
Tabela 11 – Materiais da Central Térmica	73
Tabela 12 – Equipamentos da Central Térmica.....	74
Tabela 13 – Caudais de ar dos equipamentos.....	111
Tabela 14 – Potência dos equipamentos de frio	129

Índice de Tabelas

Equação 1 – Cálculo da pressão absoluta	46
Equação 2 – Cálculo do caudal mássico em kg/s	47
Equação 3 – Cálculo do caudal volúmico em m ³ /h	47
Equação 4 – Cálculo do diâmetro da tubagem	47
Equação 5 – Cálculo da velocidade de projecto	47
Equação 6 – Cálculo do Número de Reynolds	48
Equação 7 – Cálculo do coeficiente de Darcy (de atrito)	48
Equação 8 – Cálculo da perda de carga pelo método de Darcy	49
Equação 9 – Fórmula fundamental da Calorimetria	66
Equação 10 – Quantidade de calor perdida por paredes rectas	70
Equação 11 – Quantidade de calor perdida por fundos copados	71
Equação 12 – Quantidade de calor perdida total	71
Equação 13 – Cálculo da espessura necessária	71
Equação 14 – Cálculo do volume do reservatório para o Ar Comprimido	84
Equação 15 – Cálculo da potência do secador	86
Equação 16 – Cálculo da perda de carga (Δp_1)	93
Equação 17 – Cálculo do caudal em litros normais	93
Equação 18 – Cálculo da perda de carga (Δp_2)	93
Equação 19 – Cálculo do diâmetro interno	94
Equação 20 – Cálculo da perda de carga (Δp_3)	94

Equação 21 – Cálculo da secção do tubo	94
Equação 22 – Cálculo da velocidade máxima do ar	94
Equação 23 – Cálculo da secção de cálculo para condutas circulares	99
Equação 24 – Cálculo do diâmetro efectivo	99
Equação 25 – Cálculo da velocidade real	100
Equação 25 – Cálculo da velocidade real	100
Equação 26 – Cálculo da perda de carga disponível no troço	100
Equação 27 – Cálculo da dimensão B para condutas rectangulares	101
Equação 28 – Cálculo do diâmetro equivalente á secção rectangular	101
Equação 29 – Cálculo da velocidade real (secção rectangular)	101
Equação 30 – Cálculo da perda de carga disponível no troço	102

Lista de Abreviaturas

AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação, e Ar Condicionado
CS	Coefficiente de Simultaneidade
CF	Câmara Frigorífica
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
IS	Instalações Sanitárias
LB	Lava-Botas
LS	Lavatórios
LM	Lava Mãos
MRS	<i>Matièrs à Risque Spécifiés</i> (conteúdos gástricos)
PL	Posto de Lavagem
QE	Quadro Eléctrico
TA	Tratamento de Águas
TE	<i>Tourelle</i>
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
CAN	Caixa de Ar Novo
CDF	Caixa de Duplo Fluxo
CP	Calor Específico
pH	Ponto Hidrogeniónico
MPG	Mono Propileno Glicolado
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
BIATC	Boca-de-incêndio Armada Tipo Carretel

1. Introdução

1.1 A Empresa

A empresa MONTEGA faz parte de um Grupo de duas empresas, vocacionadas para o projecto e/ou instalações mecânicas, nomeadamente; AVAC, Instalações de Frio Industrial, Fluidos (Águas Frias e Quentes Industriais e Sanitárias, Redes hidráulicas de protecção contra Incêndios, Ar Comprimido, Vapor), Energia solar térmica e outras instalações, como a Aspiração Centralizada, Combustíveis líquidos e gasosos, Redes de Esgotos Industriais, Domésticos e Pluviais e Instalações Eléctricas Associadas.

No início da sua actividade, a Montega apoiou-se tecnicamente na Litec, a outra empresa do Grupo, com uma experiência com mais de trinta anos de trabalhos, em todo o território Nacional, (Continental e Insular), em África e na Europa.

Nos últimos anos a Montega decidiu concorrer a trabalhos em França, onde já fez algumas obras e está a fazer as Instalações de AVAC, Frio Industrial e Fluidos de dois Matadouros Industriais.

1.2 O Estágio

O meu estágio consiste na participação activa no projecto de um dos Matadouros em França, especificamente no Matadouro da Cerdagne, no Sul de França, o qual selecionei para ser a minha tese final de mestrado. O estágio dividiu-se em cinco partes principais:

- Medição e Orçamentação com base num anteprojecto (detalhado)
- Visitas ao local / Estudo do local e suas condições (nas várias fases existentes)
- Elaboração do projecto completo, incluindo:
- Cálculo de todas as instalações visadas neste projecto
- Desenho destas mesmas instalações (nas várias fases existentes)

De referir que todas estas fases foram acompanhadas pelo orientador interno de estágio.

Na elaboração dos projectos em causa, competiu-me a responsabilidade de definir todos os trajectos de tubagens e condutas de ar, as localizações de todos os equipamentos, assim como a localização dos caminhos de cabos para as instalações eléctricas associadas, tendo sempre em consideração as normas adequadas de execução destes tipos de trabalhos.

Também foram da minha responsabilidade a execução de todos os cálculos necessários, tais como: Balanços térmicos, diâmetros, secções, perdas de carga, como se poderá constatar nos capítulos mais adiante.

Nestes trabalhos, foram tidos em consideração os habituais factores que determinam as ideais localizações dos equipamentos, tais como, as distâncias mínimas entre equipamentos e paredes, para deixar espaços para a futura manutenção e eventual remoção dos equipamentos, as distâncias para abertura de portas e painéis dos equipamentos ou de alguns dos seus componentes, como o queimador da caldeira, os filtros das UTAs e ventiladores, etc.

1.3 O ISEL

A escolha deste projecto não foi aleatória. Um dos objectivos principais foi escolher um projecto de uma obra real, que está, efectivamente, a ser realizada, na qual estou a participar activamente. Trata-se de um projecto completo e significativo, o qual se enquadra perfeitamente no estágio em causa.

A elaboração deste projecto permitiu-me atingir vários objectivos, colocando em prática muitos dos conhecimentos apreendidos ao longo da minha Licenciatura e Mestrado, nomeadamente: Flúidos, AVAC, Electricidade, Frio Industrial.

Por ser obrigatória foi feita uma instalação solar fotovoltaica, a qual não faz parte deste projecto.

1.4 Enquadramento geral

A **água** foi, desde sempre, um factor único no estabelecimento de vida em geral e do Homem em particular. A importância deste líquido fez com que ao longo de milénios fosse verificada uma evolução nas técnicas de transporte para consumo humano. Também ao nível do projecto se notou uma grande evolução que permitiu otimizar as diversas condições de abastecimento. Um outro aspecto que tem vindo a ser cada vez mais tido em conta na nossa sociedade prende-se com o conceito de *qualidade*. Esta exigência impulsionou igualmente a indústria das canalizações, através da publicação de normas e também da necessidade de encontrar materiais com as melhores características, que permitem aumentar a gama de escolhas dos projectistas, sendo que este último ponto veio agitar o mercado, levando a uma busca constante pelo material com melhores características (qualidade, preço, entre outras) para as necessidades do projectista, o que traz grandes vantagens para o utilizador.

Também o conceito de segurança, que tantas vezes aparece ligado à ideia de qualidade, assume uma grande importância na área do projecto. Para além das exigências arquitectónicas e estruturais, é tida especial atenção à possibilidade de ocorrência de incêndios. A água assume um papel importantíssimo nesta temática, na medida em que é um óptimo agente extintor.

Para além dos aspectos referidos nos parágrafos anteriores tem-se vindo igualmente a observar uma melhoria nas técnicas de instalação das tubagens. Têm surgido novas técnicas de execução dos projectos, como também de reabilitação de redes de abastecimento já existentes. A diminuição e a capacidade de resolução das patologias associadas a este tipo de redes são também pontos evolutivos que se têm verificado neste tipo de sistemas.

Paralelamente às melhorias de eficácia, de qualidade, de segurança, entre outras que permitem a construção de um sistema de abastecimento mais completo, está a noção de responsabilidade civil. Neste sentido é importante, na execução deste tipo de projectos, ter em atenção as políticas de sustentabilidade que permitem, entre outras coisas, uma melhoria financeira, mas principalmente uma protecção ambiental. É importante, para além de se elaborarem projectos sustentáveis,

mentalizar a população para esta temática, otimizando o consumo de água, por forma a acautelar a escassez de água que poderá surgir no futuro.

O **ar comprimido** é frequentemente descrito como a quarta energia, a quarta utilidade, pois apesar de não possuir um papel tão importante como a electricidade, o petróleo ou até mesmo o gás, desempenha um papel importante no mundo moderno.

A importância do ar comprimido é muitas vezes subvalorizada mas na realidade este desempenha um papel fundamental na maioria dos processos modernos e na civilização moderna.

Para a maioria das pessoas basta um compressor para ter ar comprimido mas falta um aspecto muito importante: a qualidade do ar. O Ar Comprimido é apenas AR, mantido sob uma certa pressão, maior do que a da atmosfera. É usado em muitas aplicações, desde ferramentas pneumáticas, para exercer força em travões de veículos, para encher pneus, como fonte de ar respirável em equipamentos de mergulho, entre outras numerosas utilizações. Na Europa, cerca de 10 por cento de toda a electricidade utilizada pela indústria é utilizada para produzir Ar Comprimido, num montante de 80 terawatts-hora de consumo/ano. Na automatização de movimentos na indústria, podem-se utilizar energias de diferentes formas: a energia eléctrica nas suas formas tradicionais; a energia hidráulica quando existe necessidade de grandes esforços; e a pneumática quando precisamos de esforço moderado e a grandes velocidades, quando o ambiente limpo é de fundamental importância, a exemplo este projecto, ou quando o ambiente é inflamável ou hostil, na presença de pó ou vapor.

O Ar Comprimido é limpo, seguro, simples e eficiente. Não existem fumos de exaustão perigosos nem outros subprodutos prejudiciais quando o ar comprimido é utilizado como ferramenta. Ferramenta essa que não é combustível e não é poluente.

Tanto "AVAC" como "HVAC" são siglas que significam: aquecimento, ventilação e ar condicionado" (em inglês "heating, ventilating and air conditioning"), referindo-se às três funções principais e intimamente relacionadas. O AVAC é particularmente importante nos projectos de edifícios industriais (e serviços de média ou grande dimensão, bem como no projecto de instalações com ambientes especiais), pois estes locais obrigam a um estrito controlo das condições ambientais, especialmente em termos de temperatura, de humidade e de renovação do ar. A importância da qualidade do ar interior e a climatização são actualmente factores aos quais se dá uma relevante atenção quer seja pelo bem-estar, pela rentabilidade ou por uma outra necessidade específica.

Os produtos desde o local em que são "produzidos" até serem consumidos sofrem normalmente um conjunto de processos tendentes a aumentar o seu período de conservação. Uma das formas de aumentar este tempo é através do frio. Este princípio é utilizado nas habitações (frio doméstico), no comércio (frio comercial), na Indústria (**frio industrial**) e nos transportes.

A alteração dos produtos desde a sua apanha (no caso de frutas e legumes), **abate** (no caso das carnes) ou pesca (no caso do pescado), até ao seu consumo tem que ser evitada. Caso contrário e não existindo um tratamento dos produtos, a sua deterioração ocorrerá em pouco tempo. Existem diversas formas de tratamento para conservar os produtos, sendo o frio (**refrigeração**) aplicável a todos eles. O recurso à congelação não é aplicável a todos os produtos: frutas e vegetais não devem, na sua maioria, ser congelados.

1.5 O Projecto

No âmbito da unidade curricular de Dissertação, Trabalho de Projecto ou Estágio de natureza profissional, foi proposta a realização de um trabalho de projecto de um matadouro industrial em âmbito real.

1.6 Objectivos do trabalho

O presente trabalho foi realizado no âmbito da unidade curricular Trabalho de Final de Mestrado (TFM) do mestrado em Engenharia Mecânica, perfil de Energia, Refrigeração e Climatização do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL).

Com este trabalho pretende-se apresentar o projecto de Fluidos e de AVAC, e desenvolver alguns dos aspectos mais importante teóricos e técnicos da área de Frio Industrial de um Matadouro Industrial localizado em França na localidade de UR, perto da cidade de Bourg Madame. Os principais objectivos deste trabalho são o dimensionamento das respectivas instalações (peças escritas e desenhadas) que fazem parte da estruturação do mesmo e cálculo e selecção dos equipamentos.

1.7 Estrutura do Documento

Este trabalho está dividido em 3 capítulos, incluindo a presente introdução onde se apresenta o enquadramento, os objectivos e uma breve descrição dos capítulos.

Primeiro capítulo: análise das redes de abastecimento de água fria, água quente (a diferentes temperaturas), água pressurizada e ar comprimido para abastecimento do Matadouro. São mencionadas as questões do dimensionamento, materiais usados, casos específicos e peças desenhadas. Engloba ainda, a análise do sistema de AVAC deste projecto sendo mencionadas as questões do dimensionamento, materiais usados, casos específicos e peças desenhadas.

O segundo capítulo será a análise do sistema de FRIO deste projecto e por último, o terceiro capítulo, a análise das instalações eléctricas associadas deste projecto.

2. Caracterização do Matadouro

2.1 Localização do Matadouro

O edifício em estudo é um Matadouro Industrial de Bovinos, Ovinos/Caprinos e Suínos.

Este edifício é composto por um piso e sótãos técnicos, com uma área total de 1800m².

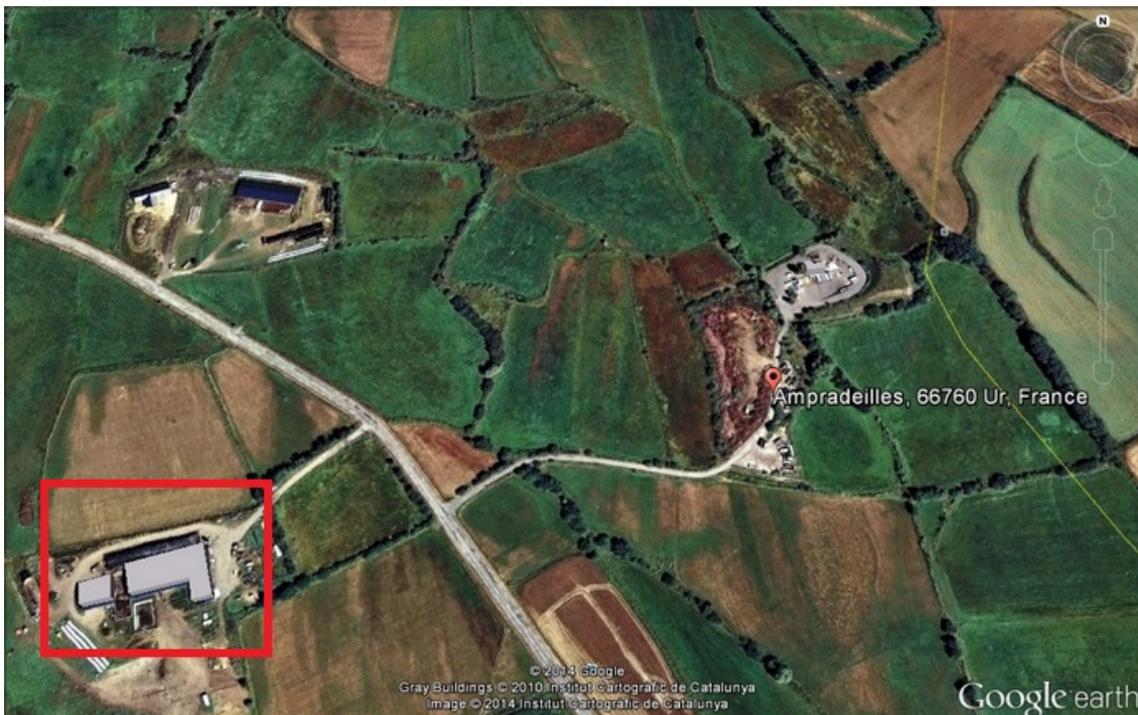


Figura 1– Localização do edifício em estudo

Fonte: Adaptado de *GoogleEarth*

2.2 Estruturação geral do edifício

A estrutura do edifício divide-se em: área administrativa e social, nave de abate e zonas circundantes, bloco frio (câmaras) e abegoarias, sendo que todas estas áreas estão localizadas no Rés-do-Chão. Existem ainda as áreas técnicas, onde habitualmente são instalados todos os equipamentos que devem ficar ocultos, que são chamadas de “Combles”.

2.2.1 “Combles” e Rés-do Chão

Todos os equipamentos de AVAC, ventiladores, condutas, difusores e grelhas, tubagem, QE's, cablagem eléctrica, estarão localizados nos “Combles” por forma a isolar, quer a nave de abate, quer as áreas das câmaras frigoríficas e restantes zonas limpas, das áreas técnicas e áreas com algumas sujidades e ainda facilitar a manutenção dos equipamentos.

Os Comble são, no fundo, espaços localizados acima dos tectos das câmaras frigoríficas e da nave de abate, formados pelas diferentes alturas das câmaras frigoríficas e áreas de trabalho.

Existem vários “Combles” com pés direitos diferentes, como por exemplo o da UTA onde existe uma plataforma com auxílio de um passadiço, para melhorar o acesso e manutenção da mesma.

2.2.2 Nave de abate

A nave de abate é um dos locais mais importantes de um Matadouro, neste caso, está cuidadosamente climatizada devido às temperaturas que se podem fazer sentir. Esta nave de abate tem um pé direito alto, cerca de 7m (deve-se à compensação de altura necessária para que os animais não andem a arrastar pelo chão).

2.2.3 Zona Fria

A zona fria é constituída por todas as câmaras frigoríficas, zonas de expedição, e áreas de trabalho, sendo que neste Matadouro só teremos câmaras de conservação e maturação. Toda esta zona também é um elemento fulcral ao bom funcionamento de um Matadouro.

2.2.4 Abegoarias

As abegoarias estarão localizadas no piso térreo na zona de chegada dos animais, onde se procede à recepção dos mesmos e onde estes ficam a aguardar o momento do abate. Sendo um local onde se pretende que os animais repousem e se mantenham calmos, é aconselhável que tenham muito espaço disponível. Assim sendo, a abegoaria tem uma área aprox. de 270 m² sendo que:

- a) Espaço disponível de cada célula, para cada bovino – 1,3 m x 2,4 m
- b) Espaço disponível de cada célula, para os ovinos e suínos – 0,9 m x 2,5m

2.2.5 Área Administrativa e Social

A área administrativa é composta por todo o conjunto de escritórios, sala de reuniões e respectivas IS.

A área social é composta pelo refeitório, duches, vestiários e IS.

2.2.6 Outras áreas de importância

Áreas de higienização (“SAS Hygiène”) – estas áreas são de extrema importância num Matadouro visto serem estas que garantem um grau de limpeza imprescindível neste tipo de empreendimentos. As pessoas antes de entrarem na nave de abate têm obrigatoriamente que passar por esta área, onde lhes é proporcionado uma lavagem automática das botas, através dos LB, sendo que habitualmente têm um posto de lavagem de mãos também obrigatório.

Áreas de lavagem (“laveries”) – onde se lavam os carros de transporte de cabeças, patas, etc.

3 Condições de Projecto

3.1 Generalidades

Neste matadouro teve de se ter em consideração o AVAC do edifício devido às baixas temperaturas que se fazem sentir no Inverno e no Verão para o conforto dos seus trabalhadores.

Os “Combles” só são aquecidos de forma a criar as condições mínimas de trabalho para os operadores da manutenção e controlo da instalação.

3.2 Enquadramento Regulamentar

Sendo este matadouro composto por vários serviços existentes e com diversas tipologias de utilização onde se deverão garantir condições de conforto térmico e de qualidade adequada, seguimos as regras ditadas pela União Europeia em termos de enquadramento regulamentar, nomeadamente: Normas, Despachos e Portaria tanto Portugueses como Franceses que na altura foram apresentados e devidamente aceite pelo nosso Cliente.

Elementos complementares e/ou comprovativos com os elementos franceses:

3.3 Normas

Portuguesas:

NP EN ISO 9000:2000 – Sistemas dos processamentos das carnes

NP EN ISO 22000:2005 – Sistemas de gestão da qualidade para Matadouros

NP EN ISO 12236:2008 (1ª Edição) – Ventilação de Edifícios, Suportes e suspensão de condutas

Francesas:

NF DTU 45.2 P1-1 – Isolamentos térmicos dos circuitos de água quente

NF DTU 45.2 P1-2 – Isolamentos térmicos dos circuitos de água quente

NFEN 378-1-2-3-4 – Regras de segurança das instalações de frio

NFA 49211 TUE de Setembro de 1989 – Instalações de Frio - Para tubagens com temperaturas superiores a -15°C

NFA 49230 TUE de Setembro de 1989 – Instalações de Frio - Para tubagens com temperaturas inferiores a -15°C

NFA 48.801 – Tubagens

Regulamentos Portugueses:

RG-SCIE – Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios

Regulamento (CE) N.º853/2004 e Regulamentos afins

Decretos de Lei Portugueses:

DL 78/ 2006 de 4 de Abril (SLE) – Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios

DL 79 /2006 de 4 de Abril – RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

DL 220/2008 de 12 de Novembro – Regime de projecto de Segurança Contra Incêndios

DL 83/2007 – Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios

Portarias Portuguesas:

Portaria n.º 701H/2008 de 29 de Julho – que define as obrigações na elaboração do projecto

Portaria 1532/2008 de 29 de Dezembro - Regulamento técnico de segurança contra incêndios em edifícios

Despachos:

Despacho 2074/2009 – determina a densidade da carga de incêndio modificada

3.4 Condições Gerais Exteriores de Projecto

Condições de Projecto		
Verão	Bolbo seco	32°C
	Bolbo húmido	21°C
Inverno	Bolbo seco	-12°C
Altitude	1200 m	
Latitude	1°57' 12.14" L	
Longitude	42°27' 25.22"N	
Localidade	Bourg Madame	

Tabela 1 - Condições de Projecto

NOTA: Neste caso no Verão temos necessidade de considerar os dois tipos de bolbos, visto que iremos ter uma necessidade não só de aquecimento mas também de arrefecimento (o que implicará uma desumidificação).

3.5 Objectivos Principais

Como objectivos principais consideram-se os seguintes:

- 1) Segurança e fiabilidade das instalações em termos de exploração e de manutenção;
- 2) Flexibilidade e durabilidade das instalações no tempo, por forma a responder adequadamente aos vários requisitos deste matadouro;
- 3) Flexibilidade de adequação das instalações às condições de exploração de cada local, tendo em vista o controlo efectivo sobre situações de emergência e racionalização dos meios humanos dedicados à exploração;
- 4) Redução de consumos de energia por selecção de fontes de iluminação de alto rendimento e elevada eficiência luminosa e selecção criteriosa dos equipamentos de Fluidos, AVAC e de Frio;
- 5) Obtenção de níveis de conforto adequados ao matadouro (tendo em conta as condições de utilização do próprio e o fim para que se destina e a formação de pessoas) aliados à maximização da eficiência de produção;
- 6) Identificação clara de critérios e princípios condutores para a concepção e desenvolvimento do Projecto de cada uma das especialidades em causa.

Independentemente dos objectivos principais considere-se importante referir 3 aspectos que podem interferir com os objectivos:

- a) As soluções apresentadas neste projecto ponderaram sempre três factores importantes de base: custo inicial, custo de manutenção e custo de exploração anual. O equilíbrio destes três vectores proporciona, em geral, uma melhor solução global na relação projecto/execução, sem que fique comprometida a verba prevista. As soluções de projecto serão justificadas com os respectivos cálculos (tabelas anexas).
- b) Antes de se iniciar a fase do projecto, foram verificadas as condições existentes no matadouro, no que respeita ao estado do local e estudo prévio do edificio, que naturalmente influenciam o estado de arte final do projecto.

- c) A Obra está a ser implementada de acordo com este projecto de execução, estando totalmente coerente com o Caderno de Encargos apresentado à empresa, embora este definisse pouquíssimos parâmetros.

3.6 Projectos de Execução que foram entregues

- Rede de Abastecimento de água fria;
- Rede de Abastecimento de água a 55°C;
- Rede de Abastecimento de água a 85°C;
- Rede de Abastecimento de água a 80°C/60°C;
- Rede de Abastecimento de água quente a 55°C pressurizada a 25 bar;
- Rede de água 90°C/70°C;
- Rede de Protecção Contra-Incêndios;
- Rede de Ar Comprimido;
- AVAC;
- Frio Industrial.

3.7 Dimensionamento: Critério geral

Numa etapa prévia à realização de qualquer tipo de cálculo foram avaliados todos os dados fornecidos, nomeadamente a pressão disponibilizada pela rede, alguns caudais de cálculo, o material a utilizar e o traçado. É igualmente essencial perceber quais os parâmetros aceitáveis para cada Obra, como por exemplo os níveis de conforto aceitáveis, que implicam a consideração de limites de velocidade e de pressão em que o escoamento se processa. Na figura seguinte estão representadas as fases que compõem o dimensionamento de uma rede de abastecimento de água fria.

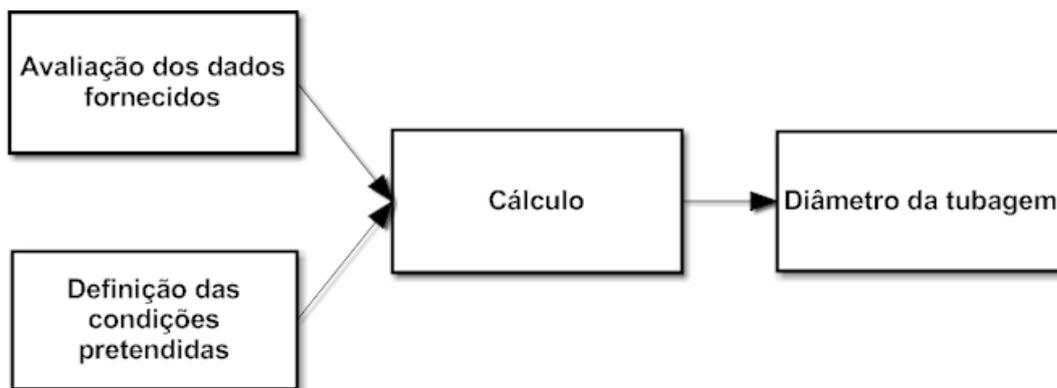


Figura 2 – Dimensionamento – Critério geral

3.7.1 Cálculo dos caudais de dimensionamento

O estudo dos caudais de cálculo deve centrar-se, principalmente, numa análise dos dispositivos ou máquinas que terão de ser abastecidos. Para se proceder à determinação dos caudais tem de se ter em conta os dados fornecidos relativamente ao número e tipo dos dispositivos ou máquinas a abastecer, de forma a, consoante os caudais que cada aparelho necessita (caudais instantâneos), encontrar a necessidade que está adjacente a toda a rede (caudal acumulado). Note-se que no dimensionamento da rede de Ar Comprimido o princípio não é bem este, mas explicaremos este caso particular mais adiante.

Outro aspecto importante é a consideração da simultaneidade de funcionamento dos dispositivos que exige a determinação de uma nova grandeza, o coeficiente de simultaneidade.

Neste projecto este coeficiente foi determinado umas vezes pelas normas existentes neste tipo de projecto, outras pela experiência e conhecimento do Projectista Sénior.

O CS consiste na relação entre o caudal máximo instantâneo de todos os dispositivos alimentados através de uma dada secção e o caudal de cálculo.

Para os equipamentos maiores não existe CS tabelado ou estipulado, irá depender muito do critério e experiência do projectista.

3.7.2 Estimativa do diâmetro mínimo da tubagem – Cálculo Analítico

O cálculo analítico do diâmetro mínimo pode ser feito com o recurso à Equação da Continuidade $A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$, que depende do caudal de cálculo, ou de dimensionamento, e da velocidade do escoamento como veremos mencionada num dos procedimentos de cálculo apresentados nos CAP I. e CAP II.

Importa referir que o diâmetro considerado deverá corresponder ao diâmetro comercial mais próximo, valor imediatamente acima ao diâmetro mínimo estimado. Em relação aos valores da velocidade de escoamento, normalmente os valores de referência usados devem estar contidos num intervalo entre os 1,5 m/s e os 3,0 m/s, para evitar alterações no nível de ruído que é aceitável e para garantir o arrastamento do ar dentro das canalizações.

A determinação do diâmetro exige a fixação de um valor de velocidade (método das velocidades) que está relacionado com os níveis de conforto pretendidos (melhor relação entre o ruído e a pressão presente nos dispositivos) e com a manutenção da qualidade da tubagem (corrosão e desgaste). O ruído provocado pelo escoamento de água pode ter variadas origens. Pode destacar-se o fenómeno de golpe de aríete, as variações no desenvolvimento das tubagens (singularidades, mudanças de direcção, entre outros) ou simplesmente o escoamento ao longo do comprimento da tubagem. Relativamente ao escoamento do líquido, este pode ser feito em regime laminar ou em regime turbulento, o que determina se o escoamento é ou não ruidoso. A determinação do tipo de regime pode ser feita com recurso ao

número de Reynolds, cujo valor serve para fazer o limite entre um e outro tipo de escoamento.

3.7.3 Determinação das perdas de carga

O escoamento de líquidos conduz à ocorrência de perdas de carga, as quais são provocadas essencialmente pelas características da tubagem, secções da tubagem, tipo e quantidade de fluido e velocidade do mesmo.

3.7.3.1 Perdas de carga associadas às características da tubagem

A análise deste ponto pode fazer-se tendo em conta dois tipos distintos de perda de carga, as perdas de carga contínuas e as localizadas.

3.7.3.1.1 Perdas de carga contínuas

As perdas de carga intrínsecas a uma rede estão directamente relacionadas com os caudais de cálculo, com o tipo de material e dimensões das tubagens. Foi com base nestes pressupostos que foram propostas várias fórmulas para calcular estas grandezas, destacando-se as expressões de Darcy-Weisbach, de Hazen-Williams, de Chézy, de Colebrook-White, de Gauckler-Manning-Strickler, de Scimeni e de Flamant. Apesar de maior rigor, a fórmula de Colebrook-White, devido à sua maior dificuldade de aplicação, é mais utilizada para fins físicos, sendo menos aplicável no dimensionamento de condutas. Quanta às leis definidas por Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, Gauckler-Manning-Strickler e Chézy, estas são mais utilizadas no dimensionamento de tubagens para abastecimento público. Para o abastecimento predial são, normalmente, aplicadas as expressões de Scimeni e de Flamant.

Neste projecto usamos o método de Darcy-Weisbach.

3.7.3.1.2 Perdas de carga localizadas

As perdas de carga localizadas, ou singulares são causadas pela passagem do escoamento por singularidades, como por exemplo mudanças de direção, derivações ou a presença de dispositivos (válvulas, contadores, entre outros). Apesar de fisicamente ser possível calcular as perdas de carga localizadas fazem-se, no âmbito do dimensionamento de tubagens para o abastecimento de água, algumas considerações que facilitam o cálculo deste decréscimo de carga. Previamente à análise das referidas considerações feitas, é importante definir uma grandeza essencial no cálculo das perdas de carga singulares, o comprimento equivalente.

Leq - comprimento aparente que tem em conta uma qualquer singularidade, transformando a perda de carga total da canalização numa perda de carga distribuída por toda a tubagem e que tem em conta a perda de carga associada à referida singularidade.

Consoante o material, pode considerar-se que as perdas de carga singulares provocam um acréscimo de perda, à volta dos 20%, ao valor das perdas contínuas faz referência a um acréscimo entre os 15% e os 25%. Na consideração desta percentagem deverá ter-se em linha de conta o material constituinte das canalizações a dimensionar. Ainda é de assinalar que o valor desta percentagem deverá ser tanto maior quanto mais rugoso for o material.

Isto acontece porque um material mais liso tem uma parcela de perda de carga contínua inferior, o que exige um comprimento maior, relativamente a um material mais rugoso, para ter uma perda de carga igual à do acessório.

Existem, no entanto, alguns tipos de tubagem em que as perdas de carga singulares têm um peso bastante significativo (aço galvanizado), nestes casos são adoptados, consoante a singularidade, valores de comprimento equivalente para as várias perdas de carga localizadas. No nosso caso em particular usamos o método dos comprimentos equivalentes.

3.7.3.1.3 Perda de carga total

A determinação da perda de carga total é feita, tendo em conta todas as perdas de carga que ocorrem ao longo do escoamento. Para averiguação e análise de todos os cálculos ver em “ANEXOS”, o “ANEXO I - Cálculos”.

3.7.3.1.4 Espessuras dos isolamentos

A espessura dos isolamentos foi definida pelo RCCTE, de acordo com os diâmetros das tubagens, temperatura da água e temperatura ambiente. No que concerne às espessuras dos isolamentos da rede de água fria, as espessuras foram também definidas com base numa exigência específica do Dono da Obra, o qual exige que, relativamente às espessuras encontradas para o isolamento em coquilhas de poliuretano, haja um acréscimo de 15% para isolamento do tipo de manga em espuma de poliuretano, que foi a opção.

NOTA: Como todas as redes serão isoladas termicamente, com excepção do ar comprimido, só as abraçadeiras desta rede serão providas com borracha interior, sendo que as restantes abraçarão directamente o isolamento térmico e não a tubagem.

Espessuras Isolamentos Tubagens										
Dimensões	Água Fria		Água Quente 55°C		Água Quente Pressurizada		Água Quente 85°C		Água Quente 80°C/60°C	
	Esp (mm)	Temp (°C)	Esp (mm)	Temp (°C)	Esp (mm)	Temp (°C)	Esp (mm)	Temp (°C)	Esp (mm)	Temp (°C)
DN 15	46	10	30	55	30	55	40	85	40	80/60
DN 20	46	10	30	55	30	55	40	85	40	80/60
DN 25	46	10	30	55	30	55	40	85	40	80/60
DN 32	46	10	30	55	30	55	40	85	40	80/60
DN 40	46	10	30	55	30	55	40	85	40	80/60
DN 50	46	10	30	55	30	55	40	85	40	80/60
DN 65	46	10	40	55	40	55	40	85	40	80/60
DN 80	46	10	40	55	40	55	50	85	50	80/60
DN 100	46	10	40	55	40	55	50	85	50	80/60
DN 125	46	10	50	55	50	55	60	85	60	80/60
DN 150	46	10	50	55	50	55	60	85	60	80/60
DN 200	46	10	50	55	50	55	60	85	60	80/60

Tabela 2 – Isolamentos

3.7.4 Caudais instantâneos dos lavatórios presentes no matadouro

Água Fria		Água Quente 55°C		Água Quente 85°C		Água Pressurizada	
Identificação	Caudal (kg/s)	Identificação	Caudal (kg/s)	Identificação	Caudal (kg/s)	Identificação	Caudal (kg/s)
LT	0,15	LT	0,15	LT	0,15	PP	0,25
LS	0,3	LS	0,3	LM	0,15		
LM	0,15	LM	0,15				
LB	0,1	LB	0,1				
PP	0,25	PP	0,25				
Bebedouros	0,1	ST (?)	0,1				

Tabela 3 – Caudais Instantâneos

3.7.5 Espaçamento entre tubagens

O espaçamento entre tubagens montadas no mesmo suporte, foi definido com base na experiência do projectista sénior e também nos espaçamentos mínimos necessários para encaixar as chaves de aperto e colocação das abraçadeiras. Convém ficar logo definido numa fase inicial de Obra para que não hajam complicações numa fase mais avançada da instalação. Contudo a definição básica destas distâncias assenta nos diâmetros exteriores das tubagens, nas espessuras dos isolamentos e nas distâncias entre as geratrizes dos isolamentos mais próximas. Relativamente às distâncias máximas entre suportes, as quais têm a ver com as flechas máximas admissíveis, na tubagem, segui os dados da seguinte tabela:

Distância máxima entre suportes das tubagens		
Diâmetros		Tubo Isolado Distâncias Máxima (m)
DN 15	1/2"	1,5
DN 20	3/4"	1,5
DN 25	1"	2
DN 32	1 1/4"	2
DN 40	1 1/2"	2,5
DN 50	2"	3
DN 65	2 1/2"	3
DN 80	3"	4
DN 100	4"	4,5
DN 125	5"	5
DN150	6"	5,5
DN200	8"	7

Tabela 4 – Distância entre suportes

3.7.6 Material

As tubagens das redes de fluídos serão todas em aço inox AISI 304L, com ligações soldadas, por imposição do Cliente.

NOTA IMPORTANTE: É do inteiro conhecimento da MONTEGA que esta tubagem, em particular para este tipo de instalação com qualidade alimentar, deveria ser obrigatoriamente **em aço inox AISI 316 L**, contudo, o Cliente não aceitou esta opção. Tomámos a liberdade de o colocar consciente de todas as consequências que surgirão por usar este tipo de material mas, mesmo assim, nada alterou a sua decisão final (ver artigo sobre este tema - ANEXO IV).

Relativamente às abraçadeiras podemos separar da seguinte forma:

- a) Dentro da nave de abate e zonas húmidas serão todas em aço inox;
- b) Para o ar comprimido optámos por abraçadeiras protegidas interiormente com borracha para evitar a propagação do ruído e evitar fenómenos de corrosão entre a tubagem e a abraçadeira fora das zonas húmidas e nave de abate.

3.7.7 Suportes

Relativamente à qualidade do material dos suportes verifica-se o seguinte:

- a) Aço inox AISI 304 L nos seguintes espaços: nave de abate, triparia, zonas de lavagem e áreas de trabalho;
- b) Para os restantes locais optámos por materiais em aço galvanizado, como por exemplo Combles, Central Térmica, Central de Ar Comprimido, Abegoarias, zona administrativa e zona social.

3.7.8 Compensadores de dilatação

Falta escrever e anexar a tabela de cálculo.



Figura 3 – Compensadores de dilatação

3.7.9 Circuitos fechados e de Retorno de água a quente

Foi tida em consideração a eliminação do ar (purgadores automáticos) em todos os pontos altos para facilitar a circulação da água, e desta forma garantir que a circulação se faz efectivamente, o que pode não acontecer caso haja bolhas de ar a dificultar a passagem da água.

CAP. I

4 . Água Fria

4.1 Princípio

A água fria circulará a uma temperatura de distribuição que rondará entre os 5°C e os 15°C, dependendo da época do ano e servirá para abastecer todo o Matadouro.

Na zona de abate a água fria abastecerá essencialmente todas as plataformas elevatórias, os lava-mãos, os lava-botas, duchetas e alguns equipamentos de processo.

Na triparia abastecerá as máquinas de tratamento de patas, intestinos (dobradas) e bancadas de apoio.

Nas áreas de trabalho abastecerá os lava-mãos e alguns equipamentos de processo.

Nas abegoarias são alimentados os postos de lavagem e os bebedouros.

Nas zonas administrativa e social abastecerá o refeitório, os balneários e as IS.

4.2 Funcionalidade

Nos matadouros existe a separação de “zonas limpas” para “zonas sujas”, sendo que estas últimas necessitam de um maior de abastecimento de água por estarem sujeitas a constantes limpezas devido às exigências higiénicas de um matadouro.

Note-se que a zona limpa e a zona suja tecnicamente nunca se podem interligar para garantir um grau de limpeza o mais eficiente possível.

4.3 Principais Especificações Técnicas

4.3.1 Material

Os postos de lavagem são compostos pelas tubagens de interligação, duas válvulas de corte (em geral do tipo macho esférico), duas válvulas de retenção do tipo universal, um termómetro para verificação da temperatura de saída, uma mangueira e agulheta.

Estes PL têm como principal função disponibilizar a água a uma determinada temperatura para permitir uma rápida lavagem de pavimentos e paredes.

Nesta rede também se coloca a questão do isolamento, isto é, para que se consiga manter a temperatura de 5°C não correndo o risco desta congelar. O isolamento nesta rede será em poliuretano expandido com uma espessura de 46 mm.

No que concerne às espessuras dos isolamentos desta rede, estas foram definidas com base numa exigência específica do Dono da Obra, o qual exige que, relativamente às espessuras encontradas para o isolamento em coquilhas de poliuretano, haja um acréscimo de 15% para isolamento do tipo de manga em espuma de poliuretano, que foi a opção.

O revestimento seguirá o seguinte princípio: será revestido a chapa de alumínio quando colocado no exterior e revestido a folha de alumínio quando colocado no interior com a principal finalidade de proteger o isolamento.

Nos nossos suportes, optámos por utilizar fixações do tipo “garra” também denominadas de “crapauts” às quais pendurámos os varões principais dos nossos suportes.

Identificação	Material	Obs.
Tubagem	Aço Inox AISI 304 L	Acessórios soldados
Válvulas	Inox, 3 corpos, desmontáveis	Roscadas DN15 até DN40
	Borboleta	Flangeadas DN50 em diante
Postos de lavagem	Material q compõem um posto de lavagem	Tubagem de água fria 2 válvulas de corte inox 2 válvula de retenção inox Acessórios para mangueira Termómetro
Isolamento	Poliuretano Expandido	-
Revestimento	Exterior - chapa de aluminio Interior - folha de aluminio	A chapa de aluminio só será usada no exterior, situações em que o isolamento necessita de mais protecção.
Suportes	Varões em aço inox assim como as fixações	Restantes intalações
	Varões em aço galvanizados assim como as fixações	Combles
Abraçadeiras	Inox	sem borracha

Tabela 5 – Material para água fria

4.3.2 Dimensionamento da rede

O método de cálculo usado foi o *Método da Velocidade Constante*, como referi inicialmente e considerámos uma velocidade máxima de 1,5 m/s. (ver ANEXO I).

Neste cálculo, como se poderá verificar nas tabelas, foram calculadas também as perdas de carga pelo método de Darcy - Weisbach. (ver ANEXO I).

Os caudais para as máquinas grandes foi nos dado pelo fabricante. (ver ANEXO I).

Água Fria	
Identificação	Caudal (kg/s)
LT	0,15
LS	0,3
LM	0,15
LB	0,1
PP	0,25
Bebedouros	0,1

Tabela 6 – Caudais Instantâneos Água Fria

4.3.3 Procedimento de cálculo

Caudais mássicos instantâneos

- 1) Sequência de cálculo, sabendo que:

(q/un) → caudal unitário (Q_{un}) em kg/s

$(q/acum)$ → $(q/un) \times$ quantidade de máquinas

CS – Coeficientes de simultaneidade (nunca menos de 20%)

Pressões

- 2) Introduzo a pressão relativa e calculo a absoluta

$$P_{abs} = p_{rel} + 0,1 \quad (Eq.1)$$

Temperaturas

- 3) Temperatura definida por nós

Volume específico

4) Volume específico retirado de tabelas termodinâmicas (ver ANEXO I).

Caudais volumétricos instantâneos

5) Sequência de cálculo:

$$Q(l/s) = Q (kg/s) \times \text{volume específico} \times 1000 \text{ ((caudal mássico) (Eq. 2)}$$

$$Q (m^3/h) = \frac{Q(l/s)}{1000} \times 3600 \text{ (Eq.3)}$$

Cálculo do diâmetro da Tubagem

6) Sequência de cálculo:

$$D_{int} (mm) = \sqrt{\frac{4 \times Q_{cálculo}}{\pi \times v}} \text{ (Eq.4)}$$

Após ter este diâmetro interno de cálculo calculado, aproximo-o do que corresponde às medidas existentes do tubo que escolhi (neste caso foi o aço inox AISI 304L), de forma a que a velocidade de projecto não ultrapasse os limites de velocidade por nós estipulados.

D_{int} calculado $\rightarrow D_{int}$ do tubo $\rightarrow DN$ do tubo

Sendo a velocidade de projecto calculada através de:

$$v_{proj} (m/s) = \frac{Q (m^3/h)}{3600} \times \pi \left[\frac{(D_{int} / 1000)^2}{4} \right] \text{ (Eq.5)}$$

Intervalo de velocidades [1,5 ; 3] m/s \rightarrow Nosso limite = 1,5 m/s

Cálculo do Reynolds

7) Sequência de cálculo tendo os seguintes elementos:

$\rho \rightarrow$ densidade (massa específica) (kg/m^3)

$\mu \rightarrow$ viscosidade absoluta (ou dinâmica) ($Pa.s$)

Sabendo que:

$\nu \rightarrow$ viscosidade cinemática = $\frac{\mu}{\rho}$ (cSt)(centi stokes)

Assim sendo cálculo Re:

$$Re = \left[\frac{(v_{proj} \times D_{int})}{1000 \times \rho} \right] / \mu \text{ (Eq. 6)}$$

Nota: A significância fundamental do número de Reynolds é que o este permite avaliar o tipo do escoamento (a estabilidade do fluxo) e pode indicar se flui de forma laminar ou turbulenta. Para o caso de um fluxo de água num tubo cilíndrico, admite-se os valores de 2.000 e 2.400 como limites. Desta forma, para valores menores que 2.000 o fluxo será laminar, e para valores maiores que 2.400 o fluxo será turbulento. Entre estes dois valores o fluxo é considerado como transitório.

Cálculo do coeficiente (ou factor) de atrito – f

8) Usámos o método de Swamee-Jain

$$f = \frac{0,25}{\log\left(\left(\frac{\epsilon/D_{int}}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)} \text{ (Eq.7)}$$

Nota: Através do diagrama de Moody retira-se o valor da rugosidade (ϵ).

Perda de carga

9) Usámos o método de Darcy, através de:

$$\Delta p \text{ (m c.a.)} = f \times \left(\frac{1}{\frac{D_{int}}{1000}} \right) \times \left(\frac{v_{proj}^2}{2g} \right) \times L_{tubo} \quad (\text{Eq. 8})$$

Foram consideradas perdas localizadas na ordem dos 15% para a água fria e 20% para a água quente (acrescentadas no fim, a este valor)

Recorremos à equação de Darcy-Weisbach para calcular as perdas, calculando de imediato o chamado factor de atrito (neste caso, factor de atrito de Darcy); Em geral, este é função do diâmetro, da rugosidade e do Número de Reynolds do escoamento.

Os valores dos factores de atrito para escoamentos turbulentos foram levantados por Lewis Ferry Moody e tabelados no que se chama Diagrama de Moody.

4.3.4 Peças desenhadas

Os desenhos foram feitos recorrendo ao programa AutoCad 2014. (ver ANEXO II – Desenho).

5 . Água Quente 55°C

5.1 Princípio

Esta rede de água quente abastecerá todos os pontos de consumo industrial tais como lava-mãos, duchetas de água quente, plataformas elevatórias, etc, e abastecerá também a denominada rede de AQS (duches, IS, refeitório, etc.)

5.2 Funcionalidade

A água quente será aquecida através de um permutador água/água de fluxos cruzados de 350 kW e parte desta ficará armazenada num depósito de 6m³ donde sairá para a instalação geral. (explicaremos mais adiante todo o funcionamento deste circuito no ponto da central térmica).

De referir ainda que projectámos uma rede de retorno deste circuito para garantir a chegada mais rápida desta água aos diversos pontos de consumo, especialmente os mais longínquos do matadouro à temperatura pretendida, neste caso, 55°C.

5.3 Principais Especificações Técnicas

5.3.1 Material

O isolamento nesta rede será em lã de rocha em coquilha, com uma espessura adequada a esta temperatura, e o revestimento seguirá o mesmo princípio que o da água fria.

Todos os lavatórios existentes são abastecidos por esta água quente.

A circulação da água será feita com o auxílio de um circulador duplo, do tipo geminado.

Identificação	Material	Obs.
Tubagem	Aço Inox AISI 304 L	Acessórios soldados
Válvulas	Inox, 3 corpos, desmontáveis	Roscadas DN15 até DN40
	Borboleta	Flangeadas DN50 em diante
Postos de lavagem	Material q compõem um posto de lavagem	Tubagem de água fria Tubagem de água quente 3 válvulas de corte inox 1 válvula de retenção inox
Isolamento	Lã de Rocha	Em coquilha
Revestimento	Exterior - chapa de alumínio Interior - folha de alumínio	-
Suportes	Varões em aço inox assim como as fixações	
Abraçadeiras	Inox	sem borracha

Tabela 7 – Materiais água quente 55°C

5.3.2 Dimensionamento da rede

O método de cálculo usado foi o *Método da Velocidade Constante*, como referi inicialmente e considerámos uma velocidade máxima de 1,5 m/s. (ver ANEXO I).

Nestes cálculos, como se poderá verificar nas tabelas, foram calculadas também as perdas de carga pelo método de Darcy - Weisbach. (ver ANEXO I)

Os caudais para as máquinas grandes foi nos dado pelo fabricante. (ver ANEXO I).

Água Quente 55°C	
Identificação	Caudal (kg/s)
LT	0,15
LS	0,3
LM	0,15
LB	0,1
PP	0,25

Tabela 8 – Caudais Instantâneos

5.3.3 Procedimento de cálculo

Caudais mássicos instantâneos

- 1) Sequência de cálculo, sabendo que:

(q/un) → caudal unitário (Q_{un}) em kg/s

$(q/acum)$ → $(q/un) \times$ quantidade de máquinas

CS – Coeficientes de simultaneidade (nunca menos de 20%)

Pressões

- 2) Introduzo a pressão relativa e calculo a absoluta

$$P_{abs} = p_{rel} + 0,1 \quad (Eq.1)$$

Temperaturas

- 3) $T=55^{\circ}\text{C}$

Volume específico

- 4) Volume específico retirado de tabelas termodinâmicas (ver ANEXO I).

Caudais volumétricos instantâneos

- 5) Sequência de cálculo:

$$Q(l/s) = Q(kg/s) \times \text{volume específico} \times 1000 \quad (\text{caudal mássico}) \quad (Eq.2)$$

$$Q(m^3/h) = \frac{Q(l/s)}{1000} \times 3600 \quad (Eq.3)$$

Cálculo do diâmetro da Tubagem

- 6) Sequência de cálculo:

$$D_{int} (mm) = \sqrt{\frac{4 \times Q_{calculado}}{\pi \times v}} \quad (Eq. 4)$$

D_{int} calculado $\rightarrow D_{int}$ do tubo $\rightarrow DN$ do tubo

Sendo a velocidade de projecto calculada através de:

$$v_{proj} (m/s) = \frac{Q (m^3/h)}{3600} \times \pi \left[\frac{(D_{int} / 1000)^2}{4} \right] \quad (Eq. 5)$$

Intervalo de velocidades [1,5 ; 3] m/s \rightarrow Nosso limite = 1,5 m/s

Cálculo do Reynolds

7) Sequência de cálculo tendo os seguintes elementos:

$\rho \rightarrow$ densidade (massa específica) (kg/m^3)

$\mu \rightarrow$ viscosidade absoluta (ou dinâmica) (Pa.s)

Sabendo que:

$\nu \rightarrow$ viscosidade cinemática = $\frac{\mu}{\rho}$ (cSt) (centi stokes)

Assim sendo cálculo Re:

$$Re = \left[\frac{(v_{proj} \times D_{int})}{1000 \times \rho} \right] / \mu \quad (Eq. 6)$$

Cálculo do coeficiente (ou factor) de atrito – f

8) Usámos o método de Swamee-Jain

$$f = \frac{0,25}{\log\left(\left(\frac{\varepsilon/D_{int}}{3,7}\right) + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)} \quad (Eq.7)$$

Nota: Através do diagrama de Moody retira-se o valor da rugosidade (ε).

Perda de carga

9) Usámos o método de Darcy, através de:

$$\Delta p (m.c.a) = f \times \left(\frac{1}{\frac{D_{int}}{1000}}\right) \times \left(\frac{v_{proj}^2}{2g}\right) \times L_{tubo} \quad (Eq.8)$$

Foram consideradas perdas localizadas na ordem dos 15% para a água fria e 20% para a água quente (acrescentadas no fim, a este valor)

5.3.4 Peças desenhadas

Os desenhos foram feitos recorrendo ao programa AutoCad 2014. (Ver ANEXO II – Desenhos).

6 . Água Quente da rede de esterilização a 85°C

6.1 Princípio

Esta rede destina-se a fazer a esterilização das facas e serras, à temperatura de cerca 85°C e ao abastecimento das máquinas das dobradas (máquina de “pré-cozedura” dos estômagos que será temperada com água fria e água a 85 °C) na triparia.

Contudo, nem todos os Matadouros optam por esta rede; muitos optam apenas pela rede a 55°C tendo um esterilizador com uma resistência incorporada que aquece ainda mais a água, até cerca de 85 °C.

6.2 Funcionalidade

A água quente será aquecida através de um permutador água/água de fluxos cruzados de 150 kW e através de uma picagem na rede que já se encontra a 55°C.

Esta rede, ou sistema equivalente, é exigida oficialmente para garantir que eventuais doenças ou patologias não possam passar de uma rez para outra.

Também nesta instalação foi dimensionada uma rede de retorno, com o mesmo objectivo da rede de retorno da água a 55°C.



Figura 4 – Lavatórios de esterilização

6.3 Principais Especificações Técnicas

6.3.1. Material

Neste caso teremos apenas o abastecimento aos esterilizadores. Os postos de lavagem não são abastecidos por esta rede. O isolamento neste caso também será em lã de rocha em coquilha e o revestimento seguirá o mesmo princípio já anteriormente explicado.

A circulação da água será feita com o auxílio de um circulador duplo, do tipo geminado.

Identificação	Material	Obs.
Tubagem	Aço Inox AISI 304 L	Acessórios soldados
Válvulas	Inox, 3 corpos, desmontáveis	Roscadas DN15 até DN40
Isolamento	Lã de Rocha	Em coquilha
Revestimento	Exterior - chapa de alumínio Interior - folha de alumínio	-
Suportes	Varões em aço inox assim como as fixações	-
Abraçadeiras	Inox	sem borracha

Tabela 9 – Materiais água quente a 85°C

6.3.2. Dimensionamento da rede

O método de cálculo usado foi o *Método da Velocidade Constante*, como referi inicialmente e considerámos uma velocidade máxima de 1,5 m/s.

Nestes cálculos, como se poderá verificar nas tabelas, foram calculadas também as perdas de carga pelo método de *Darcy – Weisbach*. (ver ANEXO I)

6.3.3. Procedimento de cálculo

Caudais mássicos instantâneos

- 1) Sequência de cálculo, sabendo que:

(q/un) → caudal unitário (Q_{un}) em kg/s

$(q/acum)$ → $(q/un) \times$ quantidade de máquinas

CS – Coeficientes de simultaneidade (nunca menos de 20%)

Pressões

- 2) Introduzo a pressão relativa e calculo a absoluta

$$P_{abs} = p_{rel} + 0,1 \quad (Eq.1)$$

Temperaturas

- 3) $T=85^{\circ}C$

Volume específico

- 4) Volume específico retirado de tabelas termodinâmicas (ver ANEXO I).

Caudais volumétricos instantâneos

- 5) Sequência de cálculo:

$Q(l/s) = Q(kg/s) \times$ volume específico $\times 1000$ ((caudal mássico) (Eq.2)

$$Q(m^3/h) = \frac{Q(l/s)}{1000} \times 3600 \quad (Eq.3)$$

Cálculo do diâmetro da Tubagem

6) Sequência de cálculo:

$$D_{int} (mm) = \sqrt{\frac{4 \times Q_{cálculo}}{\pi \times v}} \quad (Eq. 4)$$

D_{int} calculado → D_{int} do tubo → DN do tubo

Sendo a velocidade de projecto calculada através de:

$$v_{proj} (m/s) = \frac{Q (m^3/h)}{3600} \times \pi \left[\frac{(D_{int} / 1000)^2}{4} \right] \quad (Eq. 5)$$

Intervalo de velocidades [1,5 ; 3] m/s → Nosso limite = 1,5 m/s

Cálculo do Reynolds

7) Sequência de cálculo tendo os seguintes elementos:

ρ → densidade (massa específica) (kg/m³)

μ → viscosidade absoluta (ou dinâmica) (Pa.s)

Sabendo que:

ν → viscosidade cinemática = $\frac{\mu}{\rho}$ (cSt)(centi stokes)

Assim sendo cálculo Re:

$$Re = \left[\frac{(v_{proj} \times D_{int})}{1000 \times \rho} \right] / \mu \quad (Eq. 6)$$

Cálculo do coeficiente (ou factor) de atrito – f

8) Usámos o método de Swamee-Jain

$$f = \frac{0,25}{\log\left(\left(\frac{\varepsilon/D_{int}}{3,7}\right) + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)} \quad (Eq.7)$$

Nota: Através do diagrama de Moody retira-se o valor da rugosidade (ε).

Perda de carga

9) Usámos o método de Darcy, através de:

$$\Delta p (m.c.a) = f \times \left(\frac{1}{\frac{D_{int}}{1000}} \right) \times \left(\frac{v_{proj}^2}{2g} \right) \times L_{tubo} \quad (Eq. 8)$$

6.3.4. Peças desenhadas

Os desenhos foram feitos recorrendo ao programa AutoCad 2014. (Ver ANEXO II – desenho 2).

7 . Água Pressurizada a 55°C pressurizada a 25 bar

7.1 Princípio

Esta rede funcionará a uma temperatura de 55°C e uma pressão de 25 bar. Servirá apenas as zonas de trabalho do Matadouro. O objectivo principal desta instalação é a limpeza.

Só abastecerá os postos de lavagem.

7.2 Funcionalidade

A rede é pressurizada através de uma central hidropressora localizada na central térmica que capta água á pressão da rede e eleva-a até á pressão de cerca de 25 bar sendo depois distribuída pela instalação.

A água que está pressurizada permite uma limpeza rápida e eficaz nas zonas “suja” do matadouro.



Figura 5 – Central Hidropressora

7.3 Principais Especificações Técnicas

7.3.1 Material

Os materiais são idênticos a todos os que já foram descritos nas redes anteriores.

7.3.2 Dimensionamento da rede

O método de cálculo usado foi o *Método da Velocidade Constante*, como referi inicialmente e considerámos uma velocidade máxima de 1,5 m/s.

Nestes cálculos, como se poderá verificar nas tabelas, foram calculadas também as perdas de carga pelo método de Darcy- Weisbach. (ver ANEXO I).

7.3.3 Procedimento de cálculo

Caudais mássicos instantâneos

- 1) Sequência de cálculo, sabendo que:

(q/un) → caudal unitário (Q_{un}) em kg/s

$(q/acum)$ → $(q/un) \times$ quantidade de máquinas

CS – Coeficientes de simultaneidade (nunca menos de 20%)

Pressões

- 2) Introduzo a pressão relativa e calculo a absoluta

$$P_{abs} = p_2 + 0,1 = 25 \text{ bar (Eq. 1)}$$

Temperaturas

3) $T=55^\circ\text{C}$

Volume específico

4) Volume específico retirado de tabelas termodinâmicas (ver ANEXO I).

Caudais volumétricos instantâneos

5) Sequência de cálculo:

$$Q(\text{l/s}) = Q(\text{kg/s}) \times \text{volume específico} \times 1000 \text{ ((caudal mássico) (Eq.2)}$$

$$Q(\text{m}^3/\text{h}) = \frac{Q(\text{l/s})}{1000} \times 3600 \text{ (Eq.3)}$$

Cálculo do diâmetro da Tubagem

6) Sequência de cálculo:

$$D_{int}(\text{mm}) = \sqrt{\frac{4 \times Q_{cálculo}}{\pi \times v}} \text{ (Eq.4)}$$

$D_{int} \text{ calculado} \rightarrow D_{int} \text{ do tubo} \rightarrow DN \text{ do tubo}$

Sendo a velocidade de projecto calculada através de:

$$v_{prof}(\text{m/s}) = \frac{Q(\text{m}^3/\text{h})}{3600} \times \pi \left[\frac{(D_{int}/1000)^2}{4} \right] \text{ (Eq.5)}$$

$\text{Intervalo de velocidades } [1,5 ; 3] \text{ m/s} \rightarrow \text{Nosso limite} = 1,5 \text{ m/s}$

Cálculo do Reynolds

7) Sequência de cálculo tendo os seguintes elementos:

$\rho \rightarrow$ densidade (massa específica) (kg/m^3)

$\mu \rightarrow$ viscosidade absoluta (ou dinâmica) ($Pa.s$)

Sabendo que:

$\nu \rightarrow$ viscosidade cinemática = $\frac{\mu}{\rho}$ (cSt)(centi stokes)

Assim sendo cálculo Re:

$$Re = \left[\frac{(v_{proj} \times D_{int})}{1000 \times \nu} \right] / \mu \text{ (Eq. 6)}$$

Cálculo do coeficiente (ou factor) de atrito – f

8) Usámos o método de Swamee-Jain

$$f = \frac{0,25}{\log\left(\left(\frac{\epsilon/D_{int}}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)} \text{ (Eq. 7)}$$

Nota: Através do diagrama de Moody retira-se o valor da rugosidade (ϵ).

Perda de carga

9) Usámos o método de Darcy, através de:

$$\Delta p \text{ (m c.a.)} = f \times \left(\frac{1}{\frac{D_{\text{int.}}}{1000}} \right) \times \left(\frac{v_{\text{proj}}^2}{2g} \right) \times L_{\text{tubo}} \quad (\text{Eq.8})$$

7.3.4 Peças desenhadas

Os desenhos foram feitos recorrendo ao programa AutoCad 2014. (Ver ANEXO II – Desenho).

8 . Rede de água quente 80°C/60°C

Esta rede sairá para o matadouro a 80°C e retorna a 60°C sendo um circuito fechado de aquecimento e servirá apenas a zona administrativa e os “combles”.

8.1 Princípio

Esta rede sairá para o matadouro a 80 °C e retorna a 60 °C sendo este aquecimento proporcionado pelas altas temperaturas da caldeira.

Esta rede sai do colector de ida e abastece todos os equipamentos de AVAC, visto que nestes equipamentos são usados simultaneamente o ar e água como fluídos térmicos.

A água circula em circuito fechado com o auxílio de duas electrobombas geminadas e de válvulas de 3 vias motorizadas, instaladas junto a cada unidade terminal, retornando depois ao colector de retorno.

8.2 Funcionalidade

8.3 Principais Especificações Técnicas

8.3.1 Material

O isolamento nesta rede também será em lã de rocha em coquilha e o revestimento seguirá o mesmo princípio das instalações anteriores.

Identificação	Material	Obs.
Tubagem	Aço Inox AISI 304 L	Acessórios soldados
Válvulas	Inox, 3 corpos, desmontáveis	Roscadas DN15 até DN32
Isolamento	Lã de Rocha	Em coquilha
Revestimento	Exterior - chapa de alumínio Interior - folha de alumínio	-
Suportes	Varões em aço inox assim como as fixações	-
Abraçadeiras	Inox	sem borracha

Tabela 10 – Materiais da rede a 80°C/60°C

8.3.2 Dimensionamento da rede

Neste caso tendo a potência térmica dos equipamentos e o seu ΔT , conseguimos facilmente concluir qual o diâmetro mais adequado considerando uma velocidade máxima de 1,7 m/s e assumindo o diâmetro (ver ANEXO I). Isto é, tendo a potência dos equipamentos em kW

- 1) Cálculo do Q (m³/h) da fórmula fundamental da calorimetria:

$$Q = mc\Delta T \text{ (Eq.9)}$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{\text{Potência Térmica (kW)} \times 860}{1000 \times \Delta T}$$

- 2) Cálculo da velocidade;

$$v \text{ (m/s)} = \frac{Q}{\frac{\pi \times D^2}{4}}$$

8.3.3 Peças desenhadas

Os desenhos foram feitos recorrendo ao programa AutoCad 2014. (Ver ANEXO II – Desenho).

9 . Central Térmica

A central térmica reúne todos os equipamentos que permitem abastecer, aquecer, pressurizar toda a tubagem dos equipamentos (de fluídos) presentes na instalação.

9.1 Principais Especificações Técnicas - Materiais

Esta Central é composta por vários equipamentos que permitem o equilíbrio correcto do funcionamento de todo o matadouro.

Identificação	Material	Obs.
Tubagem	Ferro Fundido Dúctil	Enterrado DN100
Válvulas	Cunha	DN 100
	3 Vias Motorizadas	DN 80
	Inox, 3 corpos, desmontáveis	Roscadas DN15 até DN40
	Borboleta	Flangeadas DN50 em diante
Colectores	AISI 304 L	Isolados Revestidos
Isolamento	Lã de Rocha	Em coquilha
Revestimento	Folha de alumínio	-
Suportes	Varões em aço galvanizados assim como as fixações	
Abraçadeiras	Inox	sem borracha
Depósitos	Capacidade: 6.000 L	Isolados Revestidos

Tabela 11 – Materiais da Central Térmica

Equipamentos		
Identificação	Caraterísticas Técnicas	Obs.
Caldeira	637 kW	Gás propano. Chaminé em AISI 304 L
Permutadores água/água	150 kW	Fluxos Cruzados
	350 kW	Fluxos Cruzados
Circuladores	15 m ³ /h ; 20 m.c.a	Geminados
	8 m ³ /h ; 10 m.c.a	
	16 m ³ /h ; 10 m.c.a	
	7 m ³ /h ; 10 m.c.a	
	3 m ³ /h ; 10 m.c.a	
	2 m ³ /h ; 10 m.c.a	
Abraçadeiras	Inox	Com borracha

Tabela 12 – Equipamentos da Central Térmica

9.2 Principais Especificações Técnicas – Equipamentos

9.2.1 Caldeira

A caldeira tem como principal função a de aquecer a água. Esta caldeira é provida de um queimador a gás tendo uma potência total de 637 kW. Contém ainda uma chaminé que também foi por nós calculada e dimensionada e será feita em aço inox AISI 304/304, do tipo modular, dupla parede e com isolamento de 50mm.

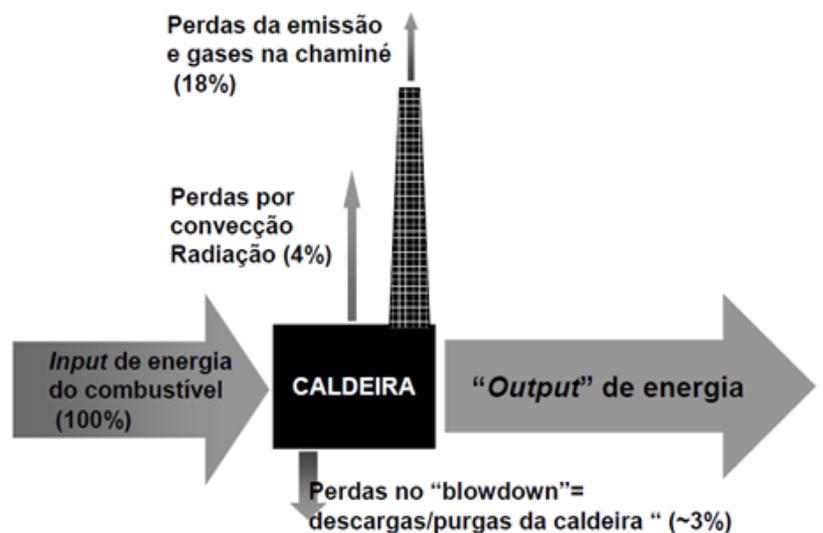


Figura 6 – Balanço de energias

De referir ainda que, como não temos reserva de água por exigência do nosso Cliente, a caldeira terá a sua válvula de segurança que dispara em caso de sobrepressão. No caso de faltar a água instalámos pressostatos diferenciais que detectam a diferença de pressões e dão indicação imediata ao sistema para desligar todos os equipamentos que se possam danificar sem a presença de água.

Quanto às perdas de nas descargas, neste caso não são tão significativas como nas caldeiras a vapor (onde se devem fazer purgas diárias). Neste caso, dado estarmos a tratar de um circuito fechado, as purgas são feitas apenas em determinadas alturas do ano pré-estabelecidas pelo serviço de manutenção.

9.2.2 Depósitos de armazenamento

Existem dois depósitos de 6.000L de água.

Estes são em aço inox AISI 316L, isolados em lã de rocha com espessura de 100 mm e revestidos a chapa de alumínio.

O primeiro depósito armazena água a 35°C, pré-aquecida pelo circuito de arrefecimento da instalação de frio, através do permutador de 200 kW que existe na instalação de frio. Este primeiro depósito faz ligação com o segundo que armazena água a 55°C. No fundo, o primeiro depósito faz um pré-aquecimento da água que em seguida irá para o segundo sendo então aquecida até aos 55°C.

Ambos os depósitos estão equipados com termómetros, manómetros e todos os constituintes essenciais ao seu funcionamento. (ver desenho Central Térmica – ANEXO II)

Toda a concepção do depósito foi por nós decidida, embora existam os parâmetros standard, mas tudo o resto foi por nós estudado (colocação dos equipamentos de controlo, número de bocas de entrada e saída, disposição destas bocas, etc.). (ver des. Depósitos – ANEXO II)

9.2.2.1 Procedimento de cálculo do volume dos depósitos e espessura do isolamento

Volume dos depósitos

De com os manuais existentes e nomeadamente de acordo com o Livro de Jonh Porges podemos seguir o seguinte princípio: o volume do depósito de água quente a armazenar é função do consumo total diário (estimado) dessa água quente e da “ponta de consumo” (consumo máximo durante um determinado período de tempo).

Em função disto, existem diversas normas que podemos seguir, que nos aconselham qual o volume de armazenagem correcto para um determinado edifício.

Espessura do isolamento dos depósitos

- 1) Quantidade de calor que o reservatório perde (p/ parede recta)

$$Q_1 = Q_{\text{parederecta}} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) = \frac{2\pi \times L \times (T_1 - T_2)}{\frac{1}{h_1 \times r_1} + \frac{1}{k} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{h_2 r_2} \right)} \quad (\text{Eq.10})$$

Sendo:

L – comprimento da parte cilíndrica do depósito (m)

r1 – raio interno do depósito (raio de dentro) (m)

r2 – raio externo (raio a contar com a espessura do depósito. Ex:7mm) (m)

T1 – temperatura dentro do depósito (°C)

T2 – temperatura exterior (°C)

H1 – coeficiente de transmissão de calor por convecção interno
(kcal/m².h.°C)

H2 – coeficiente de transmissão de calor por convecção externo
(kcal/m².h.°C)

K1 – condutibilidade térmica (kcal/m.h.°C) (do aço aprox. 50)

2) Quantidade de calor que o reservatório perde (para os fundos copados)

$$Q_{1.1} = Q_{\text{fundos copados}} \left(\frac{\text{kcal}}{h} \right) = \frac{S(T_1 - T_2)}{\frac{1}{h_1} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{1}{h_2}} \quad (\text{Eq. 11})$$

3) Cálculo da espessura do isolamento

$$Q_2 = 0,15 \times Q_1$$

4) Vamos determinar a espessura de modo a que a perda máxima de Q2 seja 15% do Q1 (Q da parte recta).

$$Q_2 = \frac{2\pi \times L \times (T_1 - T_2)}{\frac{1}{h_1 \times r_1} + \frac{1}{k} \ln\left(\frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2}\right) + \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{h_2 \times r_3}} \quad (\text{Eq.12})$$

5) Então, encontramos a espessura necessária através de:

$$e_2 = r_3 - r_2 \rightarrow r_3 = e_2 + r_2 \quad (\text{Eq.13})$$

9.2.3 Permutadores de placas

Existem três permutadores. Dois nesta Central Térmica, na parte de fluídos e um na parte de frio.

Permutador de 150 kW – com este permutador conseguimos atingir a temperatura de 85°C para a respectiva rede;

Permutador de 350 kW – com este permutador conseguimos auxiliar a temperatura de 55°C a ser atingida dentro do respectivo depósito;

Permutador de 200 kW – serve para os equipamentos de frio. Veja-se que esta potência corresponde à potência total que o sistema de frio nos consegue ceder.

9.2.3.1 Cálculo das potências permutadores

350 kW

Tendo um depósito com 6m³ e recorrendo à Eq.9, sabemos que:

$$Q = m \times c_p \times \Delta T = 6.000 \times 1 \times (55 - 5)$$

$$Q = 300.000 \text{ kcal}$$

Assim, sendo o tempo de aquecimento necessário de 2 horas,

$$P \text{ (kcal/h)} = \frac{300.000}{2} = 150.000 \text{ (kcal/h)} = 337 \text{ kW} \times 1,05 \approx 350 \text{ kW}$$

150 kW

Corresponderá à potência necessária para as seguintes máquinas,

$$P \text{ (kW)} = P_{\text{ester de facas}} + P_{\text{ester de serras}} + P_{\text{cortas}} + P_{\text{Tritparta}}$$

200 kW

Corresponde á potência que o grupo de frio consegue ceder, sendo que este valor nos foi disponibilizado pelo fabricante,

$$P_{\text{disponibilizada pelo Grupo de Frio}} \text{ (kW)} = \text{Fabricante}$$

9.2.4 Circuladores geminados

Serão 14 no total, ficando montados a cerca de 1,8 metros de altura por forma a que facilite a sua manutenção e também a manutenção de todos os outros equipamentos.

Não introduzem pressão á rede apenas vencem a perda de carga total do circuito permitindo assim a circulação do fluido.

9.2.4.1 Cálculo dos caudais dos circuladores

Recorrendo à Eq. 9,

$$Q = m \times cp \times \Delta T$$

C = capacidade térmica (cal/°C ou J/K)

Q = quantidade de calor (cal ou J)

ΔT ou $\Delta \Theta$ = variação de temperatura (°C ou K)

C = calor específico (cal/g°C ou J/kg K)

M = massa (g ou Kg)

T = temperatura (°C ou K)

C 1.1, C 1.2, C2.1 e C2.2

Tendo a potência do permutador (350kW ou 150 kW), sabendo o CP da água e o ΔT presente, consigo obter o caudal necessário de circulação. (350 kW x 860 = 301 000 kcal/h). Então:

$$m \text{ (kg/h)} = \frac{Q \text{ (kcal/h)}}{cp_{\text{água}} \times \Delta T}, \text{ que dividido por 3600 dá kg/s, logo l/s.}$$

C 3.1 e C 3.2

É preciso movimentar o caudal que é necessário para transportar as potências da UTA, dos aerotermos, das CAN e das CDF (no fundo, caudal de aquecimento).

$$Q_{consta} (m^3/h) = Q_{aquecimento}$$

C 4.1 e C 4.2

Calculados da mesma maneira que as C.1.1 e C1.2, isto é, tendo a potência do permutador (350kW), sabendo o cp da água e o ΔT presente, consigo obter o caudal necessário de circulação. (350 kW x 860 = 301 000 kcal/h). Então:

$$m (kg/h) = \frac{Q (kcal/h)}{c_{p\text{água}} \times \Delta T}, \text{ que dividido por 3600 dá kg/s, logo l/s.}$$

A única diferença é que neste caso o ΔT será menor.

C 5.1 e C 5.2

Neste caso foi estimado o caudal para que houvesse água quente quase de modo imediato nos pontos mais longínquos, então:

$$Q_{consta} (m^3/h) = \sum Q(\text{longínquos})$$

C 6.1 e C 6.2

Consideramos apenas $\frac{1}{2}$ do caudal que o depósito consome. (não faria sentido aquela quantidade de água andar sempre a circular)

$$Q_{\text{considerado}} (\text{m}^3/\text{h}) = \frac{1}{2} Q_{\text{BEC 2}}$$

C 7.1 e C 7.2

Sabendo a Potência do permutador em cauda, neste caso será de 200 kW e o respectivo ΔT , que neste caso será de 25°C. Então:

$$m (\text{kg}/\text{h}) = \frac{Q (\text{kcal}/\text{h})}{c_{p\text{água}} \times \Delta T}, \text{ que dividido por 3600 dá kg/s, logo l/s.}$$

C8

Este circulador é apenas de segurança; Isto é: quando a caldeira está parada muito tempo, podem ocorrer condensações devido á humidade do ar da fornalha. Ora estas condensações misturadas com outros gases tornam-se extremamente corrosíveis.

Assim, este C8 torna-se indispensável para evitar que se formem estas humidades e consequentes condensações.

9.2.5 Central Hidroressora

Para a rede de lavagem que utiliza a água quente a 55°C, foi instalada uma central hidroressora, que terá um caudal de 4,5 m³/h, que conferirá a esta rede uma pressão de 25 bar.

Esta central já inclui o seu próprio sistema de arranque/paragem através de um transdutor.

Esta foi a opção tomada para obter águas de lavagem a alta pressão.

Para o seu cálculo, determinou-se o caudal a sair em cada posto de lavagem e multiplicamos por um C.S

9.2.6 Tratamento de águas

Atendendo à qualidade da água que abastece o circuito primário do matadouro, foram considerados necessários dois tipos de tratamento de águas:

- a) Foi instalado um sistema de descalcificação (neste caso só será feito no circuito primário da caldeira visto que para os restantes circuitos não há necessidade tendo em conta que a água já vem devidamente tratada da rede pública) composto essencialmente por: duas garrafas com resinas iónicas, encimadas por uma válvula automática, para que se faça a necessária troca dos iões, e assim se amacie a água até cerca de 0ºf (zero graus franceses), e um tanque de salmoura com a capacidade de cerca 150 litros.

A saber: a “dureza” na água para consumo humano está associada à presença de cationes metálicos, designadamente os iões cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). Uma água é considerada “dura” quando contém na sua composição são encontrados valores significativos destes sais e “macia” quando os contém em pequenas quantidades.

- b) Foi instalado um conjunto de correcção de pH composto essencialmente por: uma bomba doseadora e um tanque de preparação e armazenamento do produto a injectar, com a capacidade também de cerca de 150 litros.

Os dois conjuntos de equipamentos acima descritos servem essencialmente para prevenir incrustações (inibidores de incrustações), e corrosão (inibidores de corrosão).

9.2.7 Quadro Eléctrico

Este quadro eléctrico possui todas as ligações e interligações eléctricas dos equipamentos presentes na Central. (ver desenho Central Térmica – ANEXO II).

9.2.8 Ventilador

Este ventilador serve apenas para fazer com que haja extracção do ar da Central Térmica para que não haja acumulação quer de gases quer de calor.



Figura 7 – Ventilador de extracção

9.2.9 Grelhas de porta

Existem para permitir a entrada de ar na Central. Foram dimensionadas também pela MONTEGA. (ver ANEXO I – Cálculos).



Figura 8 – Grelha de porta

9.2.10 Colectores

Existem dois colectores nesta central, um de distribuição e outro de retorno. Ambos foram dimensionados pela MONTEGA. (ver ANEXO II - desenho colectores).

9.2.11 Disposição dos equipamentos

De referir a extrema dificuldade que encontrámos na disposição de todos estes equipamentos visto que a dimensões da Central não está de acordo com o que, nós enquanto projectistas, previmos mas o Cliente não quis alterar. O pé direito deste local não é constante, a área é bastante reduzida para os equipamentos que temos o que não nos facilitou na instalação dos mesmos (seguindo sempre as regras de segurança obrigatórias de um local como este).

Tentou-se ao máximo não prejudicar o bom funcionamento de toda a instalação da mesma maneira que facilitar todo o processo de manutenção.

9.2.12 Peças desenhadas

Os desenhos foram feitos recorrendo ao programa AutoCad 2014. (Ver ANEXO II – Desenho central térmica).

10 Rede de Incêndios

O sistema de protecção de incêndios proposto e implementado é do tipo hidráulico utilizando bocas-de-incêndio do tipo carretel.



Figura 9 – Rede de Incêndios

A alimentação a estas bocas é feita directamente a partir da rede de águas frias, dada a baixa probabilidade de existir um incêndio de proporções avultadas neste edifício visto que: todo ele é feito em estrutura metálica, os painéis são isotérmicos, a tubagem será toda em aço, etc.

Caso contrário, teríamos optado por uma instalação individual, com reserva de água própria e uma central hidropneumática que servisse unicamente esta rede.

10.1 Funcionalidade

Quanto ao processo de funcionamento desta rede gostaria de salientar o seguinte:

- a) A via de abastecimento que utilizámos foi a nossa rede de água fria, feita a partir da rede pública;
- b) Para o carretel mais desfavorável, a rede pública garante 250 kPa, como os regulamentos exigem;
- c) O caudal proporcionado pela rede pública é suficiente para garantir o funcionamento de três carretéis em simultâneo, conforme também é exigido pelos regulamentos.
- d) Caudal de cada carretel aprox. 15 m³/h.

10.2 Principais Especificações Técnicas

10.2.1 Equipamentos

10.2.1.1 Carretéis

Os diâmetros existentes para os carretéis são normalmente de 25 mm podendo estes ter vários comprimentos e é de salientar o seguinte:

A sua colocação nos locais que necessitem de boca-de-incêndio armada do tipo carretel (BIATC) tem de ser tal que, as bocas não fiquem afastadas entre si uma distância superior ao dobro do comprimento da mangueira, num máximo de 40 m, para distâncias rectas entre elas;



Figura 10 – BIATC

- a) Cada ponto destes locais tem de ser passível de ser atingido pelo jacto de, pelo menos, uma agulheta, a qual pode estar no máximo a uma distância de 5 m dos locais a proteger;
- b) Outro dos requisitos quanto à localização das BIATC é a sua existência nos corredores de evacuação a uma distância máxima de 3 m do respectivo vão de transição;
- c) Ainda, à altura do eixo dos carretéis, quer instalados ou não em armário, deve existir um espaço desimpedido e livre de quaisquer elementos que comprometam o acesso à boca ou a sua manobra, num raio mínimo de 1 m medido em planta e 2 m em altura.

10.2.1.2 Tubagem

A escolha do material para a tubagem recaiu sobre o aço inox 304 L. À partida a escolha do material para uma rede de incêndios encontra-se condicionada devido às elevadas temperaturas a que podem estar sujeitas, descartando-se desde logo as tubagens termoplásticas. A escolha da tubagem metálica em aço inoxidável deve-se às características que apresenta, nomeadamente a elevada durabilidade e resistência a altas temperaturas.

As ligações entre os vários troços de tubos serão feitas através de acessórios de aço inox assegurando, pelo menos, o mesmo nível de durabilidade.

A união entre os acessórios e os tubos deve ser assegurado por soldaduras TIG.

10.2.2 Dimensionamento

Neste caso, a restrição à velocidade de escoamento na tubagem da rede de incêndio é mais flexível do que os sistemas de distribuição de águas, pelo facto deste tipo de instalações só funcionarem quando há efectivamente incêndios, não se devendo ultrapassar uma velocidade de mais de 3 m/s.

11 Ar Comprimido

A rede de ar comprimido será pressurizada a cerca de 9 bar no respectivo compressor, para que nos pontos de utilização se consiga uma pressão no mínimo de 7,5 a 8 bar, por forma a obter-se uma velocidade de trabalho máxima possível, a qual é também função da velocidade de operação das plataformas elevatórias.

11.1 Princípio

O ar comprimido é uma parte indispensável de energia, não só por ser uma energia limpa (porque mesmo deixando uma ligeira emissão de “névoa oleosa” - que não é o caso, visto este compressor ser isento de óleo - não é poluente) mas também por a sua quantidade se encontrar limitada apenas pela capacidade de produção.

Podemos destacar o seguinte:

O seu transporte é feito a baixas pressões;

O seu armazenamento é fácil, sendo feito em depósitos próprios, cuja capacidade deve ter em consideração, tanto o débito de ar que é necessário fornecer à instalação, como limitar o número de arranques do compressor;

Por norma, o trabalho com ar comprimido é “insensível” às oscilações de temperatura, mesmo a temperaturas muito elevadas ou muito baixas o ar comprimido continua a ser fiável;

É utilizado justamente em ambientes explosivos para accionar os equipamentos sem produzir faísca (normalmente na maioria dos casos industriais);

No nosso caso, também serve para abastecer as máquinas de processo que necessitam de alguma pressurização para funcionar e aquelas que funcionam com sistema pneumático, como é o caso de algumas portas do matadouro (exemplo: nas abegoarias).

11.2 Funcionalidade

O ar é comprimido num compressor, passando por um secador e respectivos filtros coalescentes que permitem secar e filtrar o ar para que não passem quaisquer impurezas para os equipamentos e assim para a instalação.

11.3 Principais Especificações Técnicas Equipamentos - Central de Ar Comprimido

Esta central é indispensável à obtenção do sistema de ar comprimido.

11.3.1 Compressor

O nosso compressor será do tipo volumétrico, rotativo de parafuso e tem a principal função de recolher o ar atmosférico e elevá-lo até à pressão de trabalho utilizada neste matadouro.

Fundamentalmente, baseia-se na redução de volume, isto é, o ar é admitido numa câmara isolada do meio exterior, onde o seu volume é gradualmente diminuído, processando-se assim a compressão. Quando é atingida a pressão por nós pretendida é provocada a abertura de válvulas, ou simplesmente o ar é empurrado para a tubagem durante a contínua diminuição do volume da câmara de compressão. Este ar depois é acumulado em reservatórios de volume adequado.

11.3.1.1 Selecção do compressor

Para uma correcta selecção de um compressor, foi necessário obter:

- i) Que equipamentos pneumáticos que serão utilizados;
- ii) Que quantidade;
- iii) Coeficientes de simultaneidade;
- iv) Caudal do ar exigido e pressão de trabalho.

11.3.1.2 Quantidade de compressores

Considero importante referir este ponto. Assim, veja-se:

- a) Quando o caudal total da rede estiver definido, deve estabelecer-se um factor entre 20% e 50% (no nosso caso mais concreto foi 30%) para futuras ampliações devendo assim serem seleccionados dois compressores;
- b) Cada um destes deverá ter uma capacidade individual de cerca de $\frac{3}{4}$ do total. Desta maneira, se um dos compressores avariar ou tiver de parar para manutenção o outro responderá com 75% da capacidade nominal necessária;
- c) Atendendo a que em geral se utilizam CS da ordem dos 70 a 85%, no caso de paragem de um compressor ficamos apenas com um défice de 10% obrigando o compressor a funcionar mais do que o previsto inicialmente, mas isto só no período em que outro compressor estiver desactivado;
- d) Este princípio não foi aplicado neste projecto por opção do Cliente.

11.3.1.3 Cálculo do compressor

Tendo o $Q = 350 \text{ Nm}^3/\text{min}$ e uma pressão disponível de $p = 9 \text{ bar}$, obtivemos uma potência de 37 kW por informação do nosso fornecedor que nesta instalação é a Commingersoll.

11.3.2 Reservatórios de Ar Comprimido

Um sistema de ar comprimido é dotado, geralmente, de um ou mais reservatórios, que desempenham funções importantes nesta rede. Neste projecto temos dois reservatórios com as seguintes capacidades: 800 e 2.000 litros.

Estes possuem as seguintes funções:

- O primeiro, usualmente instalado junto aos compressores tem a principal função de evitar que os compressores funcionem continuamente durante muito tempo e limitar o número de arranques dos mesmos. Daí que se deve ter muito cuidado com a relação caudal de ar dos compressores / volume dos depósitos.
- O segundo, o “pulmão”, armazena o ar comprimido que vai ser consumido especificamente no canhão pneumático, ou seja, garante que durante uns segundos existe uma quantidade de ar disponível perto dessa máquina para um determinado diferencial de pressão.

Nota: este depósito serve essencialmente para quando existe necessidade de alimentar alguma máquina com um grande caudal num curto espaço de tempo, no nosso caso é o canhão pneumático.

11.3.2.1 Cálculo do reservatório de ar comprimido

1) Calculamos o volume do nosso reservatório através de:

$$V_R = \frac{Q_{cc} \times t}{60 \times (p_{final} - p_{inicial})} \text{ (Eq.14)}$$

Sendo:

Q_{cc} - capacidade do compressor (m^3/min)

t – tempo de enchimento = 60 (s)

p_{final} - pressão final máxima de trabalho da instalação bar (abs)

$p_{inicial}$ - pressão inicial mínima de trabalho da instalação bar (abs)

11.3.2.2 Localização dos reservatórios

Estes reservatórios possuem uma purga no ponto mais baixo para fazer a remoção do condensado acumulado, num determinado período de trabalho.

Os reservatórios são ainda dotados de manómetro, válvulas de segurança, e são submetidos a uma prova de pressão hidrostática, antes da utilização.

11.3.3 Secador

A presença de humidade no ar comprimido é sempre prejudicial para as automatizações pneumáticas, pois pode causar sérias consequências.



Assim, é necessário eliminar ou reduzir ao máximo esta humidade. O ideal seria eliminá-la do ar comprimido de modo absoluto, o que é praticamente impossível.

O nosso secador tem como função, precisamente, eliminar a maioria da humidade do fluxo de ar.

Este secador é do tipo de absorção, que é fundamentalmente o método que utiliza num circuito com uma substância sólida com capacidade de absorver outra substância líquida ou gasosa.

Este processo é também chamado de Processo Químico de Secagem, pois o ar é conduzido no interior de um volume através de uma massa higroscópica, insolúvel que absorve a humidade do ar, processando-se uma reacção química.

11.3.3.1 Cálculo da potência do secador

Tendo a potência do nosso compressor e considerando mais 5% para eventuais perdas,

$$Q_{\text{Secador}} = Q_{\text{compressor}} \times 1,05 \text{ (Eq. 15)}$$

$$\text{Ponto de Orvalho} = -20^{\circ}\text{C}$$

Tendo o caudal e o ponto de orvalho definido já conseguimos seleccionar o secador.

11.3.4 Filtros coalescentes

Estes filtros “aderentes” servem para separar os contaminantes presentes no fluido. O filtro no ar comprimido aparece geralmente em três posições diferentes: antes e depois do secador de ar comprimido e também junto ao ponto-de-uso e são seleccionados em função do caudal.

11.3.5 Caixa de separação de hidrocarbonetos

O usualmente conhecido como separador de óleo existe porque, é proibido mandar óleo para a rede pública.

11.3.6 Circuito de arrefecimento do compressor

O arrefecimento do compressor de ar é feito por ar. Como a sua instalação é interior, captamos o ar total no exterior através de uma grelha de aspiração do exterior localizada na fachada, com as dimensões de 800 x 1.400 mm. Parte desse ar destina-se ao arrefecimento do compressor, o qual vai sair por uma grelha existente na parte superior do compressor. Por cima dessa grelha instala-se uma conduta para exaustão desse ar, que entretanto aqueceu (ao arrefecer o compressor) e vai sair por outra grelha montada no exterior, com as dimensões de 1.400 x 800 mm.

A conduta anteriormente mencionada, para o compressor, será construída em aço inox AISI 304 e terá as dimensões de 950 mm x 350 mm, sendo admitida uma velocidade máxima de 6 m/s. (ver ANEXO I).

11.3.7 Tubagem

Neste caso também usámos o aço AISI 304 L e não foi usado qualquer isolamento e nem qualquer revestimento.

11.3.7.1 Dimensionamento da rede - Critérios Gerais

Estabelecemos um plano geral da distribuição à escala 1:100;

Neste desenho assinalámos o posicionamento de cada um dos equipamentos a alimentar, a partir de cujos consumos nominais, executamos os cálculos da rede em causa;

As válvulas de seccionamento, dispostas seguindo critérios técnicos, devem permitir isolar nas melhores condições os elementos da distribuição;

Os trabalhos de reparação ou manutenção deverão ser efectuados sem que seja necessário interromper toda a distribuição de ar comprimido na fábrica facilitando a detecção das fugas;

Há também que atender a diversas normas a seguir durante o projecto duma instalação pneumática, como por exemplo:

Determinação dos locais de utilização de ar comprimido com as características técnicas dos equipamentos, plantas do edifício, etc.;

Ter sempre presente que se uma reserva indispensável de energia é constituída pelo reservatório principal da central de ar comprimido, ela pode deve auxiliada por reservatórios auxiliares;

Sempre que possível, a central de ar comprimido deve ser instalada num local que esteja centralizado em relação aos pontos de consumo de ar;

Colocar as prumadas de ar o mais perto possível dos equipamentos a alimentar, a fim de reduzir o comprimento (estas devem ser sempre feitas pela parte superior da tubagem principal, para evitar os problemas de condensados);

11.3.7.2 Layout

A rede de abastecimento de ar comprimido tem como principais objectivos a comunicação entre a fonte produtora de ar (central de ar comprimido) e os equipamentos consumidores.

O nosso layout está em anel fechado porque:

Auxilia a manter uma pressão constante, dado a alimentação a uma determinada máquina pode vir de dois pontos da linha;

Proporciona uma distribuição mais uniforme do ar para os consumos intermitentes, dado que, habitualmente, se sobredimensiona ligeiramente o anel de distribuição,

Auxilia na manutenção de uma pressão constante, derivado dos critérios descritos nos dois itens anteriores.

11.3.7.3 Problema da perda de carga

O rendimento global duma instalação de ar comprimido depende de 3 componentes principais:

Da fonte produtora de ar comprimido;

Dos aparelhos receptores;

Do sistema de distribuição.

É desta última componente que nos vamos ocupar, considerando uma limitação do efeito da perda de carga sobre a eficiência da distribuição, ou seja, a perda de carga considerada entre o reservatório e os pontos de utilização. Vejamos:

- a) A perda de carga nos sistemas de ar comprimido traduz-se numa pressão mais baixa nos pontos de consumo de ar do que a existente na central, situação que implica o decréscimo na energia das ferramentas, das máquinas ou outros equipamentos accionados por ar comprimido;
- b) A maior parte destas ferramentas são concebidas para operarem na máxima eficiência com uma pressão de ar de 6 a 7 bar;
- c) Como regra prática define-se que as redes de ar comprimido permanentes devem ser dimensionadas por forma a que a perda de carga verificada nas tubagens entre a fonte produtora e o ponto mais distante do consumo não exceda 0,3 bar;

- d) Uma eventual insuficiência de pressão junto a um consumidor, pode resultar do insuficiente dimensionamento (débito) do compressor e/ou do deficiente dimensionamento das tubagens;
- e) As perdas de carga variam consoante estejamos a calcular linhas de distribuição, linha de serviço ou ramal secundário.

As perdas de carga variam com:

- f) O diâmetro da tubagem, pois a velocidade do ar e conseqüentemente o atrito interno (viscosidade) diminui com o aumento da secção de passagem;
- g) A pressão, porque o seu aumento reduz o volume de ar comprimido;
- h) A densidade do ar, em virtude do caudal volúmico transportado e a velocidade do fluido diminuir com o aumento da densidade.
- i) O comprimento tubagem;
- j) O débito-volume de ar comprimido, cujo incremento provoca uma maior velocidade de escoamento;
- k) O número e a natureza dos obstáculos localizados, que introduzem turbulências mais ou menos importantes no escoamento;
- l) As rugosidades interiores das paredes da tubagem, que implicam diferentes valores para o coeficiente de atrito.

11.3.7.4 Velocidades de passagem

A velocidade de passagem do ar foi limitada até aos 15 m/s, de acordo com as boas normas de execução destas redes.

11.3.7.5 Dimensionamento da tubagem

Apoiando-nos no “Manual do Ar Comprimido” o cálculo (ver ANEXO I - Cálculos) foi feito com base nos seguintes pontos:

- 1) Após termos o layout final traçado, medimos o troço que considerámos mais desfavorável (no caso de haver dúvidas, ter-se-ia de calcular o ou os outros troços, que podem ser os mais desfavoráveis, concluindo-se então qual o que, efectivamente, é o mais desfavorável).

Ao troço mais desfavorável, acrescenta-se ainda um factor de 20 %, para ter em consideração as perdas de carga localizadas, que são os acessórios da tubagem, válvulas e similares;

- 2) No cálculo rigoroso deste tipo de instalação, é habitual considerar 4 tipos de linhas diferentes: linha principal, linha de distribuição, linha de serviço e os ramais de distribuição, para dividir o cálculo e numa tentativa de se obter sempre uma menor perda de carga. Claro que, a cada tipo de linha corresponde uma determinada perda de carga total, dessa linha.

Note-se que, neste tipo de cálculo também é muito importante sabermos o número de alimentações que estamos a considerar e em que linhas o estamos a fazer, dado ser isso que determina qual o coeficiente de simultaneidade a utilizar em cada troço;

- 3) No início do cálculo, é boa norma atribuir um valor para a perda de carga total máxima para o circuito mais desfavorável; Deste modo, somando essa perda de carga às perdas de carga dos equipamentos existentes na Central de Produção de ar comprimido, que estão ligados em série, e a do consumidor final, temos logo a certeza de qual a pressão com que esse ar lá chegará, verificando se ela é ou não suficiente;
- 4) Também se deve considerar uma percentagem para eventual ampliação do empreendimento (neste caso consideramos mais 10%);

- 5) Nas instalações de ar comprimido deve-se ter muita atenção aos consumos de pico (ex.: canhão pneumático) de certos equipamentos, especialmente de grande consumo e com periodicidade de trabalho incerta ou com poucos ciclos de funcionamento, que podem fazer baixar a pressão da rede de modo brusco, prejudicando o normal funcionamento de outros equipamentos, durante alguns segundos ou minutos. Uma das formas de atenuar e até evitar esta situação, é instalar depósitos “pulmão”, com capacidade adequada, próximo deste tipo de equipamentos, como é o nosso caso do canhão pneumático dos MRS, para o qual foi instalado um depósito de 800 litros.

- 6) Numa instalação desta natureza é aconselhável a implementação de um anel de distribuição de ar comprimido, pelo facto de, quando for bem dimensionado, ajudar muito a estabilizar a pressão na rede e a manter em serviço a maioria das utilizações, mesmo quando houver um consumo de algum pico ou quando se tiver de seccionar uma parte da instalação. Este anel deve ser dimensionado tendo em consideração que as alimentações se farão por qualquer um dos lados do mesmo, somando-se os respectivos caudais de cálculo, quer num sentido, quer no outro, atribuindo-se um factor de simultaneidade igual para cada um dos lados do mesmo.

Ainda relativamente ao dimensionamento considero importante referir:

- 7) O diâmetro comercial é escolhido em função das perdas de carga, das velocidades admissíveis e do consumo da respectiva secção do tubo.

- 8) Pode haver conveniência em escolher um diâmetro superior, porque se o preço linear do tubo é função do seu diâmetro; já a mão-de-obra da instalação é sensivelmente a mesma para dois diâmetros consecutivos, além de que se deve ter em conta o eventual aumento de consumo devido a futuras expansões da rede de ar comprimido.

11.3.7.6 Procedimento de cálculo

- 1) A este comprimento acrescentamos mais 20% para perdas nos acessórios (LtDesf);
- 2) Considera-se uma perda máxima nas linhas principal e de distribuição:

$$\Delta p_1 = \frac{0,2 - 0,03}{L_{Tdesfu}} \text{ (bar/m)} \text{ (Eq.16)}$$

- 3) Consumos nominais

Análise: sabemos que FAD / 1,12 = "Normais" (FAD = N (Free Air Delivery = m³ Normais)) e que o CS também nesta instalação é definido pelo projectista consoante o equipamento ou dado pelo fabricantes.

- 4) Obtemos o caudal de cálculo acumulado através de:

$$Q_{cálculo} \text{ (NI/s)} = NI/s \times CS \text{ (Eq.17)}$$

- 5) Pressão à saída do compressor (p_2): pressão mínima do depósito de ar comprimido, que neste caso é de 6bar;
- 6) Calculamos a perda efectiva (Δp_2) no troço através de:

$$\Delta p_2 \left(\frac{\text{bar}}{\text{effect}} \right) = \Delta p_{admitroço} \text{ (bar)} = l_{total} \times \Delta p_1 \text{ (Eq.18)}$$

- 7) Calculamos o Øint através de

$$\phi_{int} (mm) = \sqrt{\left(\frac{450 \times l_{total} \times Q^{1.85}}{\Delta p_2 \times ps} \right)} \quad (Eq. 19)$$

8) Calculamos a perda efectiva (Δp_3) no troço através de

$$\Delta p_3 \left(\frac{\text{bar}}{\text{efect}} \right) = \frac{l_{\text{total}} \times 450 \times Q^{1,85}}{\text{Øint}^5 \times ps} \quad (\text{Eq. 20})$$

9) Cálculo da secção do tubo

$$S = \frac{\pi \times \text{Øint}^2}{100} \quad (\text{Eq. 21})$$

10) Cálculo da velocidade máx do ar (w_s) ($v_{\text{máx}}=15$ m/s)

$$w_s (\text{m/s}) = \frac{Q \times 10.000}{(60 \times ps \times S) \times CS} \quad (\text{Eq. 22})$$

Os valores que obtemos não podem ser mais altos que a velocidade limite que estipulámos, neste caso, 15 m/s.

11) Cálculo da perda de carga linear unitária máxima logo para iniciar o cálculo

a) *Definir L mais desfavorável*

$$b) Q_{\text{consumo}} = \sum_F^n Q(x_1 + y_1 + \dots + n) \times C.S$$

$$c) \text{Pressão disponível troço L} - \text{Pressão disponível (do compressor no ponto mais desf)}$$

$$=$$

$$= p_{\text{compressor}} - \text{perda de carga do equip} - \text{pressão ponto mais desfavorável} = A$$

d) Então a perda de carga linear un.máxima $\rightarrow \Delta p_1$

$$\Delta P_1 = P_{unmix} = \frac{A}{L_{desf}} \text{ (bar/m)} \quad (\text{Eq. 23})$$

12 . AVAC

12.1 Princípio

Neste matadouro teve-se a necessidade de implementar uma rede de AVAC devido às baixas e altas, temperaturas que se fazem sentir quer de inverno quer de verão.

12.2 Principais Especificações Técnicas - Equipamentos

12.2.1 Unidade de Tratamento de Ar

Existe uma UTA que só faz assistência à zona da nave de abate. Veja-se que:

a) A UTA, é do tipo “tudo-ar-novo”. Esta capta o ar novo directamente do exterior e trata-o para o insuflar directamente na nave de abate



Figura 12 – UTA

Esta captação faz-se através de uma grelha rectangular sendo o ar direccionado para a nave de abate através de uma conduta onde é insuflado mediante 4 difusores circulares;

- a) Esta UTA terá um motor de duas velocidades para que nas alturas em que haja necessária ou de maior potência (quer térmica quer frigorífica) ou quando se quiser fazer um aquecimento / arrefecimento mais rápido, se possa utilizar a velocidade mais alta, deste modo a outra velocidade será a que trabalhará durante mais tempo;
- b) Os difusores são de grande dimensão devido ao grande caudal que têm de insuflar e devido ao alcance que estes têm de proporcionar.

12.2.2 Tourelles

As tourelles são os chamados ventiladores de cobertura e existem cinco. Veja-se o seguinte:

- a) Estão todos localizados ao longo do matadouro, tomando particularmente em atenção a TE2.



Figura 13 – Tourelle

Na zona posterior à zona de abate existem 6 grandes grelhas de extracção rectangulares que irão extrair o ar desta zona e encaminhá-lo directamente para a TE2, que o vai extrair. Este encaminhamento é feito através de condutas rectangulares não isoladas. (nota: todas as condutas destes ventiladores não serão isoladas visto que estamos a falar de uma extracção de ar).

- b) Estes ventiladores são colocados na extremidade superior das condutas de extracção servindo apenas para a extracção dos respectivos espaços.

NOTA: O tratamento de ar da nave de abate é feito em simultâneo pela UTA e pelo extractor TE2 visto que o ar tratado pela primeira é extraído na totalidade pelo segundo. Desta forma, e como é lógico, quando a UTA entra em funcionamento o extractor TE2 terá obrigatoriamente de o fazer também.

Relativamente aos restantes equipamentos de tratamento de ar, de referir que também estes funcionam sempre em conjuntos com “a sua” determinada TE.

12.2.3 Caixas de Ar Novo

Existem 3 equipamentos destes que têm como principal função captar o ar frio do exterior e aquecê-lo. No caso particular da caixa-de-ar novo 1 a distribuição do ar será feita em 3 difusores circulares de insuflação, nos restantes casos existirá apenas um difusor e uma conduta para cada caixa-de-ar novo. Em todos os casos existentes neste matadouro serão condutas circulares e isoladas.

12.2.4 Caixas de duplo fluxo

Este equipamento faz com que o ar que vai ser insuflado já esteja com uma determinada recuperação de calor do ar que foi extraído da sala, isto é, efectua uma renovação do ar economizando energia.

Existem duas caixas destas no matadouro e estão localizados na área administrativa e na área social dos trabalhadores. Neste caso teremos as condutas de insuflação e extracção isoladas e as condutas de ar novo e ar rejeitado não isoladas. A distribuição do ar será feita com recurso a difusores circulares no caso da insuflação e na extracção teremos pequenas grelhas de extracção rectangulares.

12.2.5 Aerotermos

Funcionam sem recurso à electricidade sendo o seu aquecimento feito recorrendo à água e resistências. Estes equipamentos servem única e exclusivamente para aquecer o ambiente dos Combles que deverá estar a uma temperatura de cerca de 16°C, criando assim condições para que os técnicos de condução e manutenção tenham as mínimas condições de trabalho.



Figura 14 – Aerotermeo

São nove no total e existem de 5, 10 e 15 kW.

12.2.6 Cassetes hidrónicas

São chamadas hidrónicas por serem aquecidas e arrefecidas a água. Existem cinco cassetes e só encontram localizadas na zona administrativa (escritórios e sala de reunião). Nota: estes equipamentos não foram por nós seleccionados, faremos apenas a sua instalação e respectiva instalação da tubagem e condutas de ar novo, estas sim dimensionadas pela MONTEGA.

12.2.7 Ventilação

- a) Conduitas: com o auxílio do Manual das Carrier fizemos os cálculos do dimensionamento de todas as conduitas (ver ANEXO I – Cálculos);

As circulares serão tubo SPIRO, chapa inox e as rectangulares em chapa de aço galvanizado de acordo com as normas SMACNA, e os seus registos serão manuais do tipo borboleta;

- b) Extractores Helicoidais: estes equipamentos extraem o ar das salas em causa e são sete no total. São de motor assíncrono.

- c) Grelhas de extracção: seleccionadas através do caudal de passagem e da velocidade pretendida, neste caso, tivemos de nos preocupar mais com nível de ruído que nos foi imposto, 30/40 Db.

Tendo Q e $v_{passagem}$ → $\Delta P < 40 \text{ dB}$

- d) Difusores de insuflação: tendo o caudal e a pressão estática disponível, estes difusores são seleccionados de forma a que o ar atinga a cabeças das pessoas com uma velocidade residual de 0,2 a 0,3 m/s (assim se evita muitas complicações para os trabalhadores nomeadamente as correntes de ar).

Tendo Q e $v_{passagem}$ → $\begin{cases} \Delta P < 40 \text{ dB} \\ vel_{residual} < 0,2 \text{ m/s} \end{cases}$

12.2.8 Conduitas – Dimensionamento

12.2.8.1 Cálculo de condutas circulares

A fazer:

- Consulta de tabelas com o número de renovações por hora (RPH) para cada local;
- Cálculo o volume do compartimento a ventilar;
- Obter o caudal mínimo necessário para cada tourelle, seguindo o método da perda de carga constante;
- Tendo o caudal (que foi determinado em função da actividade no local) a extrair em m³/h:

$$L_{eq} = L_{recto} + L_{curvas} + L_{TRF} + L_{Outros}$$

- Considerou-se uma velocidade máxima de 5 m/s;
- Calculamos a secção de cálculo através de:

$$Secção_{cálculo} (m^2) = \frac{Q (m^3/s)}{v_{prof}} \rightarrow \times 10^6 \rightarrow mm^2 \text{ (Eq.23)}$$

- Cálculo do “Defectivo” através de:

$$d_{defectivo} = \sqrt{\frac{S (mm^2)}{\pi} \times 2 \times 1,0042} \rightarrow \text{Atribuímos DN (Eq.24)}$$

Nota: Tem mais 0,42% para compensar irregularidades na tubagem. Assim, fica de acordo com as tabelas do Carrier páginas 2-39 a 2-41.

h) Cálculo da velocidade efectiva (velocidade real) através de:

$$V_{\text{real}} = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{\left(\frac{DN}{1000} \right)^2} \quad (\text{Eq. 25})$$

j) Cálculo da perda de carga do troço disponível:

$$\Delta p \text{ (mm c.a.)} = (0,4 \times f) \times \left[\frac{1}{\left(\frac{DN}{10} \right)^{1,22}} \right] \times V_{\text{real}}^{1,82} \times L_{\text{total}} \quad (\text{Eq. 26})$$

12.2.8.2 Cálculo das condutas rectangulares

Tendo o caudal (que foi determinado em função da actividade no local) a extrair em m³/h:

$$L_{\text{eq}} = L_{\text{recto}} + L_{\text{curvas}} + L_{\text{TRF}} + L_{\text{Outros}}$$

a) Considerou-se uma velocidade máxima de 5 m/s;

b) Secção calculada da conduta (Scálculo):

$$S_{\text{cção cálculo}} \text{ (m}^2\text{)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{v_{\text{prof}}} \rightarrow \times 10^6 \rightarrow \text{mm}^2 \quad (\text{Eq. 23})$$

c) Cálculo do “Defectivo”:

$$d_{efectivo} = \sqrt{\frac{S \text{ (mm}^2\text{)}}{\pi} \times 2 \times 1,0042} \rightarrow \text{Atribuímos DN (Eq. 24)}$$

d) Secção Rectangular

Temos as seguintes grandezas:

Dimensões – secção adoptada

A – dimensão adoptada (mm)

B – Calculamos a dimensão desta secção através da seguinte fórmula:

$$B = \left(\frac{\text{Secção calculada (mm}^2\text{)}}{A} \right) \times 1,095 \text{ (mm) (Eq. 27)}$$

Nota: Tem mais 9,5% para compensar os cantos, onde o ar não circula. Assim fica de acordo com as tabelas do Carrier, págs. 2-39 a 2-41.

e) Seguindo a regra e $A/B < 4$;

f) Podemos verificar o \varnothing_{equiv} a esta secção rectangular usando a fórmula seguinte:

$$Det. do \varnothing_{equiv} \text{ (mm)} = \frac{1,3 \times (A \times B)^{0,625}}{(A + B)^{0,25}} \text{ (Eq. 28)}$$

g) Cálculo da velocidade efectiva (velocidade real):

$$v_{real} = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{\left(\frac{\varnothing_{eqv}}{1000} \right)^2} \text{ (Eq. 29)}$$

i) Cálculo da perda de carga do troço disponível

$$\Delta p \text{ (mm c.a.)} = (0,4 \times f) \times \left[\frac{1}{\left(\frac{DN}{10}\right)^{1,22}} \right] \times V_{real}^{1,82} \times L_{total} \text{ (Eq. 30)}$$

AVAC		
Identificação		Caudal (m³/h)
UTA	Débito Mínimo	10.600
	Débito Máximo	17.000
TE2	Débito Mínimo	10.100
	Débito Máximo	16.100
TE1		110
TE3		3.120
TE4		600
TE5		300
Caixa de ar Novo 1		3.120
Caixa de ar Novo 2		600
Caixa de ar Novo 3		300
Caixa de duplo fluxo 1		1.670
Caixa de duplo fluxo 2		650
Extratores Helicoidais		200
		400
		500
		500
		1.500

Tabela 13 – Caudais de ar dos equipamentos

12.2.9 Peças desenhadas

Os desenhos foram feitos recorrendo ao programa AutoCad 2014. (Ver ANEXO II – Desenhos - Tratamento de Ar).

CAP.II

13 Frio Industrial

13.1 Enquadramento geral

Antes da realização de um projecto, várias avaliações técnico-económicas têm que ser feitas, sendo uma delas, e muito importante, a avaliação das condições a que o produto em causa estará sujeito, de forma a garantir que a instalação frigorífica a projectar responda de forma satisfatória às necessidades de conservação do mesmo.



Figura 15 – Instalação de frio

Esta correcta avaliação e, conseqüentemente, um projecto efectuado correctamente, são de extrema importância, uma vez que qualquer desvio nas condições óptimas de conservação do produto poderá proporcionar o desenvolvimento de microrganismos, ou o aparecimento de outras complicações indesejadas, que retirarão ao produto, para além de valor, a qualidade exigida. Ora isto significa que qualquer falha, não só na elaboração do projecto, mas como em toda a cadeia do frio irá conduzir, inevitavelmente, a reacções de degradação do produto.

Considerando o que foi referido, pode afirmar-se que o Frio Industrial pode ser visto como uma “embalagem” que protege a qualidade de um produto.

O produto em causa deve ser armazenado a diferentes gamas de temperaturas, consoante o tempo que se pretenda que este mantenha as suas características.

NOTA: Todo este capítulo será escrito segundo a terminologia de matadouro.

13.2 Introdução

Entende-se por matadouro o estabelecimento dotado de equipamento adequado para o abate, manipulação, elaboração, preparo e conservação das espécies de animais sob variadas formas, com eventual aproveitamento completo, racional e perfeito de subprodutos não comestíveis, devendo possuir instalações de frio industrial.

Neste matadouro não existem congelados.

13.3 Princípio

O frio industrial serve principalmente, em particular neste caso, para a conservação de alimentos. Deve ser regulado mediante as zonas em que nos encontramos, isto é, não podemos exigir a mesma temperatura dentro de uma câmara de congelados e dentro de um corredor onde os operários estão a trabalhar.

13.4 Objectivos

Responsabilidades **da MONTEGA** neste projecto de frio:

- Elaborar o layout da rede de frio;
- Seleccionar e instalar os equipamentos;
- Dimensionamento e instalação das redes de tubagem;
- Instalar os meios de conservação e os isolamentos térmicos;
- Instalar a via aérea do matadouro (mista).

13.5 Factores de concepção

13.5.1 Elaboração da instalação em geral

Os factores de concepção que foram tidos em atenção para a elaboração do projecto desta instalação foram

- a) Produtos, neste caso será carne e respectivas miudezas;
- b) Condições de armazenagem;
- c) Processamento de produtos;
- d) Edifício do matadouro: O edifício é novo, logo o projecto teve alguns os graus de liberdade para ser equacionado;
- e) Materiais e equipamentos do Processo;
- f) Outras áreas envolventes;
- g) Meio ambiente;
- h) Recursos e infra-estruturas básicas;
- i) Disponibilidades em mão-de-obra.

13.5.2 Disposição geral das câmaras

Este matadouro foi desenvolvido num único piso, o R/C, com disposição das câmaras e espaços frigoríficos de forma simples, isto é, são construídas lado a lado comunicando facilmente com os cais de carga, articulando-se a sua disposição por meio de corredores e zonas de expedição, que facilitam a logística interna de movimentação de produtos e pessoas.

A disposição é importante pois pode apresentar vantagens do ponto de vista energético, facilitar a distribuição das tubagens e diminuir as perdas térmicas.

Veja-se que:

- a) Reduz as perdas de carga nas linhas de tubagem;
- b) Evita o aumento da potência a instalar;
- c) Cria continuidades térmicas dos espaços frigoríficos;
- d) Evita cruzamento de produtos, pessoas e equipamentos;
- e) Diminui investimentos desnecessários;
- f) Permite uma continuidade no sistema de isolamentos térmicos de pavimentos;
- g) Diminui perdas de energia pelas paredes, tectos e pavimento;
- h) Reduz consumos de energia.

13.5.3 Dimensionamento das câmaras

13.5.3.1. Critérios base de dimensionamento

Embora o dimensionamento das câmaras não tenha sido da responsabilidade da Montega, dar-se-á uma breve explicação relativamente à obtenção da área e volume das câmaras:

1º passo: Determinar a quantidade de carne que se pretende armazenar;

2º passo: Determinar durante quanto tempo queremos armazenar, visto que isto implica com a produção diária do Matadouro;

3º passo: Definir a quantidade de carne que entra (e sai) por dia, isto é, definir a rotação das carnes;

4º passo: Definir o formato de carne a armazenar, isto é, meia rês, um quarto de rês, ou carne desmanhada e embalada;

5º passo: Determinar os espaços entre as reses, ou meias reses;

6º passo: Determinar os espaços entre as reses, ou meia rês às paredes;

7º passo: Com a definição 5º e 6º determinam-se também os espaços para passagem de pessoas, ou equipamentos, quando for o caso de carne já embalada, cujo armazenamento é habitualmente feito na forma de empilhamento;

8º passo: Relativamente ao pé direito, ele é definido em função do tipo de carne a armazenar; Reses, meias reses, etc.;

O dimensionamento das câmaras acima mencionadas teria que ter em consideração a venda diária prevista para estes produtos e a seguinte capacidade máxima de abate:

- Bovinos: 10 animais/hora x 8 horas = 80 animais/dia
- Suínos: 63 animais/hora x 8 horas = aprox. 500 animais/dia
- Ovinos/ Caprinos: 75 animais/hora x 8 horas = aprox. 600 animais/dia

NOTA: Inicialmente neste documento é apresentado o horário de 5 horas de trabalho diárias e está correcto. A MONTEGA dimensionaria sempre as câmaras para 8 horas para se salvaguardar de imprevistos e “extras”, isto é: horas extra de abate, futuros casos de ampliação, eventuais problemas técnicos e ainda, por exemplo, as épocas festivas. Em resumo, as 8 horas funcionariam como uma reserva.

13.6 Tipos de Câmaras

13.6.1 Câmaras de Maturação Bovinos, Suínos e ovinos/caprinos

Neste matadouro teremos dois tipos de câmaras desta natureza: a câmara de maturação dos bovinos e a câmara de maturação dos animais de pequeno porte (ovinos/caprinos e suínos).

Nestas câmaras de maturação, as carcaças estarão durante 48 h a uma temperatura $0^{\circ}\text{C}/+2^{\circ}\text{C}$, para que estabilizem e amaciem (após a chamada rigidez cadavérica, a qual se instala ao fim de 10 a 12h, perdurando até 48 a 72h após o abate).

Por essa razão, as câmaras terão de ter capacidade para dois dias de abate.

13.6.2 Câmaras de suspeitos e câmara de rejeitados

Após a inspecção do Veterinário às reses, se este detectar algum vestígio que possa indicar que o animal era portador de alguma doença que possa ser prejudicial aos consumidores da carne, essas reses serão encaminhadas para a câmara de suspeitos.

Depois, se não se confirmar a suspeita, as reses serão colocadas na rede de consumo; Contudo, se se confirmar que o animal tinha efectivamente alguma doença, que impeça que as reses sejam consumidas, elas vão para a câmara dos rejeitados.

13.6.3 Câmara das miudezas vermelhas

As chamadas miudezas vermelhas são: o coração, o fígado e a língua.

13.6.4 Câmara das miudezas brancas

As chamadas miudezas brancas são: as patas, o estômago e os rins (no caso dos suínos).

13.6.5 Zona de corte de carnes

Existem três zonas distintas:

1º Corte: na nave de abate (corte da rês em duas);

2º Corte: na zona de expedição ou nas câmaras frigoríficas (corte em quartos);

3º Corte: na zona da desmancha (porque se pretende a venda de produtos embalados; Por exemplo: carne do acém, carne da alcatra, etc.)

13.6.6 Zona de embalagem

Depois de cortada na zona de desmancha, a carne é embalada (normalmente a vácuo) ficando assim pronta para ser expedida.

13.6.7 Zonas de expedição 1, 2 e 3

A expedição é normalmente de quatro maneiras:

- a) Em meia rês após a carne estar pronta para expedição;
- b) Em quartos de rês;
- c) Em embalagens (depois da carne devidamente cortada e embalada);
- d) Em carne congelada quando existe essa opção no matadouro;

Nota: Poderão ainda existir outras formas de expedição de carne, como por exemplo, a carne já picada, a carne já cortada ao gosto do comprador, entre outra.

Para verificação de todas as zonas indicadas anteriormente ver no ANEXO II – Desenho do RdC do Frio.

13.7 Requisitos que foram aplicados a este Matadouro

13.7.1 Higiénicos

Para assegurar boas condições higieno-sanitarias, o matadouro, dispõe dos seguintes requisitos:

- a) Número suficiente de salas adequadas para as operações a efectuar;
- b) Serão mantidas todas as dependências do matadouro em condições de higiene antes, durante e após a realização dos trabalhos;
- c) Dispõe de um sistema diário de desinfecção dos utensílios (rede a 85°C);
- d) Número adequado de lavatórios que se encontram devidamente localizados e indicados;

- e) Existem também zonas de desinfecção obrigatória, tanto à entrada como à saída das zonas de tratamento de carnes (onde se inclui a nave de abate), denominadas de “SAS Hygiene”, providas de equipamentos automáticos que obrigam cada pessoa que por lá passe a lavar e desinfetar as botas, tendo também uma zona de desinfecção de mãos. Nesta zona também serão instalados lava-aventais, lava-mãos e lava-botas pressurizados manuais.

13.7.2 Sequência do Abate

Após a chegada ao matadouro, os animais não são imediatamente direccionados para o abate. Estes dispõem de um período de espera, que permite reunir a capacidade total de abate e evitar eventuais períodos de espera, num local próprio (abegoarias).

Neste matadouro teremos o abate de três tipos de animais: bovinos, suínos e ovinos/caprinos. Relativamente ao abate dos bovinos:

- a) Quando o abate começa, os animais são encaminhados das abegoarias para um corredor que dá acesso à chamada “box de abate”. Aí, são insensibilizados, utilizando uma pistola, a qual introduz um espigão de aço no cérebro do animal;

NOTA: de referir que, nem todos os processos de matança fazem a insensibilização dos animais, como é o caso da chamada carne “Halal”;

- b) Após a insensibilização atrás descrita, o animal cai da “box de abate” para uma zona ao lado desta, onde é içado por uma pata;
- c) De seguida o animal é sangrado;
- d) Após o sangramento, o animal chega á primeira plataforma elevatória onde lhe cortam a pata solta, utilizando uma tesoura adequada;
- e) Chega entretanto à segunda plataforma onde lhe é cortada a segunda pata também com uma tesoura;

- f) Nesta zona de corte de patas posteriores, em baixo, um operador corta também as patas dianteiras;
- g) De seguida é-lhe cortada a cabeça;
- h) Chegada a zona da retirada da pele (do couro), neste matadouro é feita por uma máquina própria, o chamado arrancador de peles, havendo sempre intervenção humana para este efeito;
- i) Passamos ao corte do esterno e à retirada das panças e intestinos, recorrendo a uma serra própria;
- j) Limpeza interna da carcaça, onde serão retiradas as miudezas vermelhas (coração, fígado, etc.) e tudo o resto que não é aproveitável para consumo humana (pulmões, etc.);
- k) Corte ao meio da carcaça, obtendo assim as duas meias reses, recorrendo a uma serra adequada de grande dimensão;
- l) Inspeção Veterinária, onde se decide se a carcaça está boa para consumo, se é suspeito ou se segue imediatamente para a câmara dos rejeitados;
- m) Prossegue para o bloco frigorífico, ou seja, as carcaças para a câmara de maturação e as miudezas para as câmaras próprias;
- n) As peles serão encaminhadas para uma zona própria, onde são salgadas, paletizadas e armazenadas a uma temperatura de cerca de +5°C.

Relativamente ao abate dos suínos:

- a) Quando o abate começa, os animais são encaminhados das abegoarias para um corredor que dá acesso à câmara de insensibilização por gás ou utilizando uma pinça eléctrica de alta voltagem;
- b) De seguida é içado e sangrado;

- c) Após o sangramento, o animal segue para o escaldão que funciona a uma temperatura de cerca de 62,5°C onde é totalmente imerso para amaciar a pele;
- d) Chega à depiladora automática que lhe retira a grande maioria das cerdas;
- e) Zona onde é aberto ao meio, são retiradas as miudezas e todo o seu interior mesmo não utilizável;
- f) Corte ao meio, seguindo para as câmaras frigoríficas ou outros fins, como por exemplo, a feitura de presuntos e enchidos.

Relativamente ao abate dos ovinos/ caprinos:

- a) Quando o abate começa, os animais são encaminhados das abegoarias para um corredor que dá acesso á câmara de insensibilização onde o operador utiliza normalmente uma “choupa” (faca com lâmina triangular própria para utilização vertical);
- b) De seguida é içado e sangrado;
- c) Após o sangramento são retiradas as miudezas e todo o seu interior mesmo não utilizável;
- d) Segue directamente para as câmaras frigoríficas;
- e) A pele pode ser aproveitada, ou não, consoante a região, neste caso em particular, de momento, não é.

Todas as carcaças serão pesadas depois de limpas, para permitir ao Matadouro avaliar qual o valor de cada carcaça (cada linha tem uma balança). Não obstante, por opção do Cliente as linhas de ovinos / caprinos e suínos não são totalmente independentes, dado que a certa altura se juntam, restringindo desta forma o abate das diferentes espécies.

13.7.3 Zona de Corte (desmancha)

Esta sala serve essencialmente para desmanchar a carne, ou seja, desagregá-la dos ossos e dos outros tipos de carne. É retirada das partes do acém, dos lombos, das vazias, etc.

13.7.4 Armazenagem diversa

Em qualquer Matadouro devem sempre existir salas próprias para armazenamento de embalagens vazias, carros diversos, contentores, etc.

Do mesmo modo que, devem existir também salas próprias para lavagens dos carros e contentores.

13.7.5 Recuperação de energia

Desde início que tivemos presente a preocupação de recuperar energia térmica onde fosse possível fazê-lo, podendo esta energia ser reutilizada em outras áreas com necessidades básicas, nomeadamente, aquecimento de águas sanitárias e aquecimento de águas de lavagem.

Neste caso apenas é possível fazer o aproveitamento da energia térmica do ciclo de frio, isto é, aproveitar parte da energia quente cedida pelo condensador do grupo de frio; Assim, fazemos a recuperação de cerca de 200 kW para o pré-aquecimento das águas quentes e cerca de 50 kW para a descongelação dos evaporadores.

13.8 Condições de Projecto

Uma das fases principais no dimensionamento das instalações frigoríficas de um matadouro, é o cálculo das cargas térmicas a retirar dos espaços frigoríficos. Este trabalho não foi da responsabilidade da MONTEGA, contudo, gostaríamos de deixar uma breve explicação.

13.8.1 Cargas Térmicas

É com base nestas cargas térmicas que são seleccionados todos os componentes necessários nesta instalação.

Os balanços térmicos necessários num Matadouro industrial dividem-se em duas categorias:

a) Cargas Térmicas Externas

Cargas térmicas através das paredes, tecto e pavimento (Q1)

Cargas térmicas devida a abertura de portas (Q2)

b) Cargas Térmicas Internas

Independentes dos produtos armazenados:

Cargas térmicas do produto (da carne) (Q3)

Cargas térmicas devida a iluminação (Q4)

Cargas térmicas devida ao pessoal de estiva (Q5)

Cargas térmicas devida a empilhadores (Q6)

13.9 Descrição da instalação frigorífica

13.9.1 Princípio de funcionamento de todas as redes de frio

13.9.1.1 Rede de água fria glicolada -8°C / -4°C

Esta rede, que tem início no grupo de produção de frio; É a rede com mais importância, visto que é a que transporta toda a energia frigorífica para as câmaras frigoríficas e para as redes de arrefecimento no ar condicionado.

13.9.1.2 Rede de água fria glicolada +35°C / +25°C

Com igual importância, por ser a rede que vai fazer a condensação do ciclo de frio do grupo de frio, e sem a qual não era possível obter a rede de -8°C / -4°C. Além disso permite-nos também fazer um aproveitamento “grátis” de energia, destinada a todos os circuitos de descongelação e pré-aquecimento de águas quentes sanitárias (como referido anteriormente).

13.9.1.3 Rede de água fria glicolada +7°C / +12°C

Esta rede alimenta todos os equipamentos de ar condicionado que tenham necessidade de produzir frio, sendo que sem esta rede não seria possível o arrefecimento dado o sistema escolhido.

NOTA: Existem duas redes com necessidade de glicol visto que se conseguem atingir temperaturas bastante baixas nesta região. Veja-se que, é um facto que a tubagem será isolada com poliuretano expandido mas a tubagem dentro dos equipamentos não. O glicol confere assim a garantia do não congelamento.

13.9.1.4 Produção de Frio no Grupo de Frio

O grupo de frio será um equipamento que engloba o ciclo de frio dentro dele mesmo, ora vejamos:

- 1) A instalação do grupo de frio (exclusivamente) será de expansão directa, utilizando o fluido frigorigéneo R134a, com dois compressores.
- 2) A produção será de aproximadamente 190 kW no regime de $-12^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}$.
- 3) Este grupo será integrado com dois compressores semi-herméticos, acessíveis com condensador sobredimensionado.
- 4) A distribuição será feita a partir do evaporador que fará arrefecimento de água glicolada $-8^{\circ}\text{C} / -4^{\circ}\text{C}$ (MPG 35%);
- 5) A alimentação de frio á climatização dos escritórios será feita a um regime de $+7^{\circ}\text{C} / +12^{\circ}\text{C}$, através de um permutador de calor que será alimentado com água glicolada $-8^{\circ}\text{C} / -4^{\circ}\text{C}$.
- 6) A condensação será realizada através de um circuito de água glicolada $+42^{\circ}\text{C} / +37^{\circ}\text{C}$ utilizando um arrefecedor a ar, do tipo centrífugo, em circuito fechado.
- 7) A recirculação de água glicolada será assegurada por duas bombas sendo uma de reserva á outra. A bomba principal será colocada em serviço através de informação a pedido das CF.
- 8) Nestas condições, a selecção das bombas em causa, devem ser feitas por forma a que haja reserva significativa de cada uma delas. Por outro lado, será também instalada uma válvula automática de equilíbrio de caudal (válvula tipo TA), por unidade de consumo de potência frigorífica.

13.9.1.5 Grupo arrefecedor

O arrefecimento do grupo de frio (condensador) é proporcionado por um arrefecedor, tipo água /ar, a instalar nas proximidades do grupo de frio, com a potência aproximada de 230 kW, no regime de +42°C / +37°C.

A água que sai do grupo de frio a +42°C, antes de entrar no arrefecedor, irá aquecer os circuitos de descongelação e de pré-aquecimento das AQS, fazendo-se assim um aproveitamento térmico da ordem dos 50 kW (no primeiro caso) e 200 kW (no segundo caso), ou seja um total de 250 kW térmicos.

13.9.1.6 Rede de distribuição

A rede de distribuição tem início no grupo de frio através de dois grupos de circulação, sendo um de reserva ao outro, os quais proporcionam a chegada do fluido (água glicolada -4°C / -8°C) a cada unidade terminal, nomeadamente, evaporadores, panóplias da UTA, e panóplia das cassetes.

A tubagem de toda a distribuição será em AISI 304 L, onde circulará água glicolada com cerca de 35% de glicol, para evitar problemas de congelamento deste fluido.

13.9.1.7 Rede de descongelação dos evaporadores

Aproveitou-se para se fazer a rede de descongelação dos evaporadores através de uma outra rede de água quente glicolada a +35°C / +25°C, feita a partir do circuito de condensação do grupo frigorífico, utilizando um permutador intermédio de 50 kW. Também neste caso, a tubagem será em AISI 304 L, onde circulará água glicolada com cerca de 35% de glicol, para evitar problemas de congelamento deste fluido, quando a instalação eventualmente para nos períodos de temperaturas ambiente negativas.

13.9.1.8 Rede de água glicolada de climatização

Para a climatização da nave de abate (através da UTA) e da zona administrativa (cassetes) será utilizada uma rede, de água glicolada +7°C / +12°C obtida através de um permutador de calor, alimentado pelo circuito -4°C / -8°C.

Também neste caso, a tubagem será em AISI 304 L.

13.9.2 Potência dos equipamentos

Locais	Área (m2)	PD	Volumes (m3)	Potência dos evaporadores (kW /sala)	kcal/h/sala	Potência de descongelação dos evaporadores (W)	Potência de descongelação dos evaporadore kcal/h/sala
31	29	2,9	84	6,83	5.874	750	645
29	10,5	3,5	36,8	2,99	2.573	750	645
28	13	3,5	45,5	3,70	3.182	750	645
24	33,5	5,5	183,4	14,91	12.825	2000	1720
25	33,5	4,0	134	10,90	9.370	2000	1720
26	34	5,5	187	15,21	13.076	2000	1720
50	7	3,5	24,5	1,99	1.713	750	645
51	11	3,5	38,5	3,13	2.692	750	645
52	10	4,0	40	3,25	2.797	750	645
48	36	4,0	144	11,71	10.070	750	645
53	36	2,9	104	8,46	7.272	750	645
48	9,5	4,0	38	3,09	2.657	1000	860
56	13,5	4,0	54	4,39	3.776	750	645
54	25	4,0	100	8,13	6.993	750	645
55	20	4,0	80	6,50	5.594	750	645
21	60	4,0	240	19,51	16.783	1000	860
19	9	4,0	36	2,93	2.517	750	645
23	20	4,0	80	6,50	5.594	750	645
18	11,5	5,0	57,5	4,68	4.021	750	645
22	14,5	5,0	72,5	5,90	5.070	750	645
11	25	5,0	125	10,16	8.741	750	645
12	18	12,0	216	17,56	15.104	750	645
13	19	11,4	216	17,56	15.104	750	645
TOTAL	498,5	-	2336,7	190	163.400	21500	18490
Zona administrativa							
-		3,2	425,6	34,61	5.952,2		p/ cassette
UTA							
-		7,5	2085	169,53	145.799,2		

Tabela 14 – Potência dos equipamentos de frio

As potências dos equipamentos não foram definidas pela Montega. Os valores em questão foram-nos fornecidos pelo Cliente os quais estão reflectidos na tabela seguinte.

13.10 Equipamentos

13.10.1 Evaporadores

Os evaporadores serão do tipo inundado com tubos em cobre e alhetas em alumínio. Veja-se que:

- a) Deverão ser instalados no interior dos respectivos locais;
- b) O número de evaporadores a colocar em cada local depende da geometria da sala, da capacidade frigorífica da sala e do tipo de trabalho que irão fazer;
- c) Os evaporadores dos espaços climatizados, poderão ser de duplo fluxo, simples fluxo, cúbicos, etc.

13.10.2 Compressor

Nesta instalação só teremos um compressor, que é o compressor do grupo de produção de frio (que estará dentro, precisamente, deste grupo de frio). Este utiliza o fluido frigorífero R134a, de cuja expansão se obtém a totalidade da potência frigorífica requerida para o matadouro.

Estes compressores têm os seguintes elementos de protecção e segurança:

- a. Pressostatos de alta e baixa pressão;
- b. Pressostato diferencial de óleo;
- c. Separador de óleo de grande capacidade.

A selecção do compressor deve ser feita com base na potência dos respectivos evaporadores e tendo em conta os seguintes parâmetros:

- 1) Fluido frigorigéneo;
- 2) Capacidade frigorífica do evaporador;
- 3) Coeficiente global de simultaneidade;
- 4) Temperatura de evaporação;
- 5) Temperatura de condensação.

13.10.3 Condensador

Neste caso também só existe um, que é o do grupo arrefecedor. Este condensador será do tipo tubular onde se fará o arrefecimento (condensação) do fluido frigorigéneo do grupo frigorífico.

O condensador deve ser sobredimensionado entre 25 % a 30 % relativamente á potência do evaporador para ter em consideração picos de funcionamento e perdas.

13.10.4 Válvulas

Todos os ciclos frigoríficos, apresentam vários tipos de válvulas. De seguida são descritas todas as válvulas utilizadas nesta instalação.

13.10.4.1 Válvulas de 3 vias motorizadas modulantes

O controlo de temperatura das salas é feito através de sondas locais de válvulas de 3 vias instaladas junto a cada evaporador, as quais fazem o desvio do fluido (neste caso da água glicolada) para a linha de retorno, garantindo deste modo o caudal das bombas, mesmo que estas sejam de caudal variável.

13.10.4.2 Válvulas de retenção

Serão montadas nas linhas de compressão das bombas e sempre que haja perigo de retorno ou de mistura.

13.10.4.3 Válvulas de corte

Serão instaladas em todas as saídas e entradas dos colectores, em todas as máquinas, ou seja, evaporadores, grupo de arrefecimento, permutadores de calor e em cada circuito.

13.10.5 Isolamento térmico

Das câmaras:

- a) No que respeita a paredes e tectos, o isolamento térmico já está integrado nos painéis isotérmicos, os quais são do tipo sandwich, em poliuretano injectado;
- b) No que respeita aos pavimentos, os isolamentos térmicos serão feitos à base de placas de corticite, tendo sempre em consideração um aspecto muito importante que é a chamada “barreira de vapor”, que consiste numa técnica para evitar que eventuais humidades existentes na atmosfera entre em contacto com a parte interior da câmara, provocando a condensação;
- c) Os painéis destinados aos espaços refrigerados têm normalmente uma espessura de isolamento entre 100 a 150 mm;
- d) As salas de trabalho, como são os casos da sala de desmancha, a sala de preparação e de embalagem, também serão executadas com painéis desta natureza;
- e) As juntas dos painéis do tipo sandwich serão efectuadas em borracha e silicone, de forma a impedir a entrada de humidade para o isolamento, uma

vez que as juntas entre painéis constituem potenciais pontos de entrada de humidade, sendo o acabamento entre juntas bastante importante.

Nestas condições o isolamento normalmente usado é poliuretano. Este isolamento térmico e acústico tem um elevado poder, uma alta densidade e impermeável á água, baixo peso (não sobrecarrega as paredes), longa duração, elimina condensações e, finalmente, possui óptima flexibilidade e grande resistência á compressão, voltando sempre a forma original.

13.10.6 Descrição do funcionamento do ciclo de expansão directa

Todos os ciclos seguem o mesmo princípio de funcionamento, independentemente do número de evaporadores em cada local, do tipo de fluido refrigerante e do regime funcionamento. Assim sendo, basta explicar apenas um ciclo. Inicialmente, é necessário compreender quais as fases principais de um sistema de expansão directa. Estes sistemas têm como base de funcionamento um sistema de refrigeração por compressão do fluido em estado gasoso, sendo constituído pelas seguintes fases:

- a) Compressão;
- b) Condensação;
- c) Expansão;
- d) Evaporação.

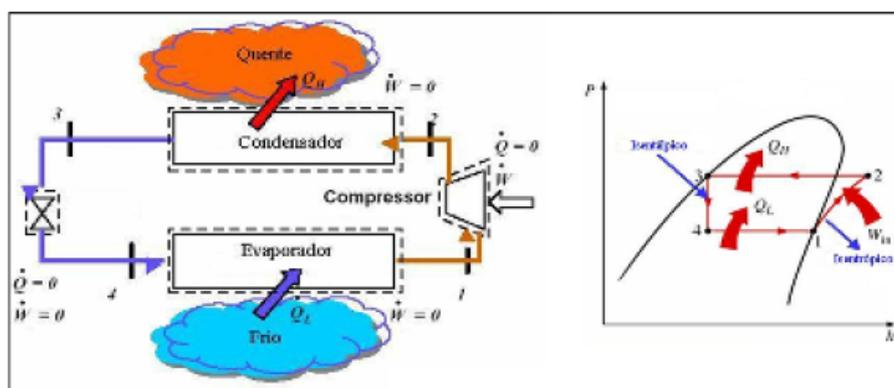


Figura 16 – Funcionamento de um sistema de refrigeração através do ciclo de frio

Através da figura acima apresentada, nota-se que existem dois níveis de pressão distintos, o de alta e o de baixa pressão. Os componentes que provocam estas diferenças de pressão são o compressor e a válvula de expansão.

Caracterização das quatro fases do funcionamento deste ciclo:

a. Compressão

Nesta fase o fluido frigorigéneo sai do evaporador no estado vapor saturado, e é aspirado pelo compressor, sendo comprimido até à pressão de condensação. O fluido ao ser comprimido sofre um aumento de pressão e temperatura, sendo que abandona o compressor no estado vapor sobreaquecido, entrando de seguida no condensador.

b. Condensação

Nesta fase, todo o calor conferido pelo compressor, é transmitido para a linha 42°C / 37°C (linha que vai ao arrefecedor, que dá origem à linha 35°C/25°C, pré-aquecimento das águas) pelo condensador. Quando o vapor sobreaquecido cede o calor para a linha 42°C / 37°C, a sua temperatura é reduzida para a temperatura de saturação a uma pressão constante, dando origem a condensação do fluido, ou seja, atinge o estado líquido saturado.

c. Expansão

Esta tem como função controlar a quantidade de fluido no sistema, e também de provocar uma perda de pressão brusca, porém controlada, que vai reduzir a pressão do fluido da pressão de condensação para a pressão de evaporação. Assim, a temperatura desce, conseguindo assim obter a temperatura desejada para o espaço refrigerado.

d. Evaporação

O fluido chega ao evaporador com uma pressão baixa (pressão evaporação), tendo como objectivo retirar todas as cargas térmicas que entram nos locais quer por condução quer por convecção.

Este calor ao atingir o evaporador, provoca a evaporação do fluido refrigerante. Ao evaporar, o fluido retira calor existente, contribuindo assim para a diminuição da temperatura. Este abaixamento de temperatura é dirigido para a rede $-8^{\circ}\text{C}/ -4^{\circ}\text{C}$.

Ao absorver todo o calor, o fluido fica no estado vapor saturado, entrando de novo no compressor recomeçando desta forma um novo ciclo.

13.11 Condições de higiene e Segurança

Como foi referido inicialmente, a higiene num matadouro é um elemento fulcral. De forma a seguir os regulamentos inicialmente apresentados, são descritos factores a ter em conta e os equipamentos de higiene utilizados.

- a) A entrada do acesso as instalações sanitárias e vestiários, e os trabalhadores devem uniformizar-se devidamente, com calçado, toucas e vestuário próprios fornecidos pela empresa, passando directamente para as zonas de laboração.
- b) Os vestiários deverão ser providos de chuveiros com água quente, bancos, cabides e armários. Todo o material de vestuário a utilizar, encontra-se no local designado por batas limpas. Ao fim do dia, os trabalhadores deixam toda a roupa de trabalho num local designado por batas sujas.
- c) Ao lado das batas limpas, encontra-se uma sala que procede à lavagem da roupa suja deixada ao fim do dia. Em muitas áreas do matadouro, tais como balneários, vestuários, linha de abate, sala desmancha e corredores, haverão lavatórios de uso não manual dotados de água quente e fria, accionados a pedal.

- d) No fim de cada dia de trabalho, é indispensável, deixarem o matadouro limpo e desinfectado, para que no dia a seguir este se encontre em excelentes condições. Para tal, existe a nossa linha de água quente 55°C pressurizada a 25 bar (referida no CAP.I) que permite a lavagem dos pavimentos, e produtos tóxicos para a respectiva desinfeção.

13.12 Sub-Produtos

Embora não esteja previsto este tipo de serviço neste Matadouro, podemos dizer que se designam por sub-produtos, o tratamento das partes de animais ou produtos de origem animal, não destinados ao consumo humano. Assim:

- a) Estes sub-produtos provenientes do abate são armazenados em contentores e de seguida devem ser imediatamente armazenados numa câmara climatizada, que se designa por câmara sub-produtos de forma a evitar a sua acumulação de sub-produtos na linha de abate, e a sua libertação de odores.
- b) Após o abate dos animais, os sub-produtos resultantes são as cabeças, cornos, carnes (não aproveitadas para consumo humano) e os ossos. Os ossos provêm da sala de desmancha, e são também armazenados em contentores, sendo que no fim da desmancha, são levados para a respectiva câmara. No caso de haver animais rejeitados, estes são enviados também para esta câmara.

13.13 Tectos, Paredes e Pavimentos

Os tectos devem ser concebidos, construídos e acabados de modo a evitar a acumulação de sujidade, reduzir a condensação, o desenvolvimento de bolores indesejáveis e evitar a absorção ou emissão de odores. Note-se que:

- a) As paredes devem apresentar as mesmas características dos tectos se além disso devem ser de fácil lavagem e desinfeção.

- b) As paredes dos espaços frigoríficos, possuem barreira de vapor colocada sempre na face quente da parede, de forma a proteger os isolamentos térmicos contra a condensação de água.
- c) Os pavimentos são antiderrapante, impermeáveis, e de fácil lavagem, de forma a permitir o escoamento adequado das superfícies.

13.14 Rede de Esgotos

Neste tipo de instalação devem-se separar 4 tipos de redes esgotos, nomeadamente:

- a) Redes de esgotos industriais: estas redes abrangem a recolha de todos os esgotos dos equipamentos de processo, como por exemplo, as plataformas elevatórias, os lava-mãos, os lava-aventais e as lavagens de paredes, tectos e pavimentos. Normalmente é executada em tubagem PVC PN 16 por ser enterrada e ter de resistir a altas pressões (pressão não só do pavimento mas também de algumas eventuais máquinas que possam ficar por cima desta tubagem). No caso da descarga de máquinas com altas temperaturas, faz-se um pequeno troço em aço inox desde essa máquina até à caixa de confluência mais próxima, onde o produto de esgoto já chega mais frio (deve-se evitar descarga de fluídos a temperaturas altas matérias termoplásticas).
- b) Redes de esgotos domésticos: estas redes fazem a recolha dos esgotos das instalações sanitárias (I.S), refeitórios, e instalações similares. É executada em tubagem PVC PN 4 (nos ramais) e PN 10 (nos troços principais).
- c) Redes de recolha de sangue: para os suínos existe uma rede própria de recolha deste sangue, dado que, pelo menos parte dele, será comercializado. No que respeita ao sangue de suíno que não é aproveitado, e dos outros animais, este é recolhido em tanques próprios para posterior cozedura ou outro tratamento específico. Nota: é proibido injectar sangue em qualquer rede de esgoto. É executada em tubagem de aço inox AISI 316 L.

- d) Redes de esgotos de condensados: foi prevista uma rede independente para os esgotos provenientes dos evaporadores e dos equipamentos de ar condicionado que tenham condição de arrefecimento. É executada em PVC PN 4 e ligada à rede de águas pluviais com os devidos sifonamentos.
- e) Redes de drenagem de águas pluviais: tal como o nome indica, trata-se de uma rede de recolha de águas da chuva, que é canalizada independentemente das outras para o local de descarga. É executada em tubagem PVC PN 16 quando enterrada, e PN 10 quando montada á vista.

Todas estas redes devem ser executadas independente umas das outras. A última rede referida (das águas pluviais) não carece de qualquer tratamento e assim, deverá esgotar num local próprio, ou seja, numa boca de lobo, quando descarregada no mar, ou na rede pública municipal.

As redes industriais e domésticas deverão seguir para uma ETAR (estação de tratamento de águas residuais), antes de serem injectadas na rede pública ou descarregadas no mar.

CAP III

14 1.Instalações Eléctricas Associadas

Neste projecto existem três instalações distintas feitas a partir dos nossos quadros eléctricos os quais serão alimentados pelo Instalador das instalações eléctricas.

14.1 Central Térmica

Teremos um QE localizado dentro desta central o qual alimentará os circuitos de força motriz de todo o equipamento instalado na mesma; A saber: caldeira de produção de água quente, circuladores, grupo hidropressor de 25 bar, tratamentos de águas e controlo.

14.2 Central de Ar Comprimido

Aqui também existirá um QE independente o qual alimentará os circuitos de força motriz do compressor, secador, e circuito de comando do registo da grelha de entrada de ar.

14.3 AVAC

Nos Comble, existirá um QE que alimentará os circuitos de força motriz da UTA, das unidades de duplo fluxo, das unidades de ar novo, dos aérotermos e dos ventiladores (quer sejam os de cobertura ou parietais). Este QE alimentará também os diversos circuitos de comando e controlo de temperatura de todos os aparelhos anteriores.

14.4 Frio Industrial

Existirá um QE central na sala onde estará instalado o grupo de produção de frio e mais um QE localizado nos Combles.

O primeiro alimentará os circuitos de força motriz e comando do grupo de arrefecimento, das bombas de circulação dos seguintes circuitos:

- i) $-8^{\circ}\text{C} / -4^{\circ}\text{C}$
- ii) $+42^{\circ}\text{C} / + 37^{\circ}\text{C}$
- iii) $+35^{\circ}\text{C} / + 25^{\circ}\text{C}$

O segundo QE alimentará circuitos de força motriz e comando de todos os evaporadores, válvulas de 3 vias, sondas de temperatura, segurança e alarmes.

A cablagem utilizada é tipo XV de cor preta, nas secções adequadas a cada caso. Esta cablagem seguirá em esteira aramada metálica, fazendo-se a diferenciação entre correntes fortes e fracas.

Relativamente às sondas será utilizado o cabo do tipo L(i)YCY.

Conclusões

Os ensinamentos obtidos nos diversos projectos da rede de fluídos foram bastante clarificadores para as noções que me foram ministradas ao longo da Licenciatura e Mestrado, dado que tive oportunidade de visitar o local e, a partir daí participar na evolução prática de todo o projecto e sua implementação.

Foi muito interessante (e gratificante) efectuar o projecto das diferentes temperaturas de águas e as suas diversas funções, constatando que não é fácil aparecer um projecto onde se juntem estas necessidades todas.

Relativamente à instalação de ar comprimido, foi com enorme satisfação que aprendi a executar os cálculos, ao longo deste estágio, tendo em consideração as diversas componentes como o estabelecimento antecipado de perda de pressão total, o volume ideal de armazenagem e o dimensionamento da rede alimentação dos canhões pneumáticos.

No que concerne ao AVAC de salientar o facto deste Matadouro ser provido de ar condicionado o que em Portugal não acontece, por não haver necessidade.

Na instalação de Frio Industrial, foi desafiante a forma de encontrar uma solução para o fluído arrefecedor, que tivesse em consideração os aspectos de segurança, fiabilidade técnica e rentabilidade adequada. Quero dizer com isto que, excluimos fluídos frigorigéneo e o amoníaco, por serem fluídos que, em caso de fuga, são bastante perigosos para a saúde humana.

Por último, gostaria de referir apenas que, gostei imenso deste estágio, durante o qual os meus conhecimentos foram bastante ampliados e consolidados.

Referências Bibliográficas

- ASHRAE Handbook 2002 – Refrigeration (SI):– Bonfim, Macedo Lara (2004);
- <http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=>– Çengel, Yunus A; Boles, Michael A (2001);
- Termodinâmica, 3ª Edição, McGraw – Hill, Lisboa: – Collin, Daniel (1975). Applications Frigorifiques, PYC – ÉDITION, Paris: – Dossat, Roy J; Horan, Thomas J. (2001);
- Principles of Refrigeration, Fifth Edition, Prentice Hall, New Jersey. – Guerra, António M. Matos. Apontamentos da unidade curricular de Refrigeração: Balanço Térmico de instalações Frigoríficas;
- http://www.cena.usp.br/irradiacao/cons_alim.html;
- <http://www.fao.org/docrep/004/T0279E/T0279E04.html>;
- http://www.meatupdate.csiro.au/data/Meat_88_06.pdf;
- <http://www.segurancalimentar.com/conteudos.php?id=23>;
- <http://www.segurancalimentar.com/conteudos.php?id=71>;
- Development Document for Effluent Limitations - Guidelines and Sources Performance Standards for the Red Meat Processing Segments of the Meat Products Point Source Category;
- EPA Technology Transfer Seminar Publication - Upgrading Meat Packing Facilities to Reduce Pollution. Volumes 1 and 2;
- Bubik, Roland (1996). Geschichte der Marketing-Theorie - Historische Einführung in die Marketing-Lehre, Frankfurt am Main et al.:Peter Lang;
- Burguete, J. L. & Vázquez L. (2004). Pasado, presente y futuro de las dimensiones pública y social en el desarrollo conceptual. International Review on Public;

- Buil-Carrasco, Isabel & Fraj-Andrés, Elena & Matute-Vallejo (2008). Corporate environmentalism strategy in the Spanish consumer product sector: a typology of firms. *Business Strategy & the Environment*.
- Burton, S. (1999). *Marketing for Public Organizations: New Ways, New Methods*. Public Management.

ANEXOS

ANEXO I – TABELAS DE CÁLCULOS

ANEXO II – PEÇAS DESENHADAS

ANEXO III - DIVERSOS

