



ISEL

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Aquecimento de Água de uma Piscina Municipal a Partir de um Sistema Solar-Térmico com Apoio de Bomba de Calor**

**Jorge Nuno Mota da Silva Carvalho**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador:

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

**Maio de 2021**





ISEL

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Aquecimento de Água de uma Piscina Municipal a Partir de um Sistema Solar-Térmico com Apoio de Bomba de Calor**

**Jorge Nuno Mota da Silva Carvalho**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador:

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

**Maio de 2021**



## Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao professor João Antero Nascimento dos Santos Cardoso por todo o apoio, disponibilidade e esclarecimentos prestados no decorrer desta dissertação. Tendo sido meu professor em algumas das Unidades Curriculares no decorrer da Licenciatura e do Mestrado em Engenharia Mecânica, sempre estive disponível de forma a garantir a compreensão de todas as matérias lecionadas durante as aulas. Quero ainda agradecer ao professor por ter confiado em mim desde início e ter-me emprestado o livro *Energia Solar em Edifícios*, fundamental para o desenvolvimento desta dissertação.

Quero também deixar uma palavra de agradecimento a todos os funcionários da Junta de Freguesia de Alcântara, em especial ao Presidente Davide Amado, que ao longo deste ano colaboraram sempre com o meu trabalho e facultaram toda a informação imprescindível para a realização desta dissertação.

Agora que me encontro a terminar o mestrado e a vida académica, encerrando este importante capítulo da minha vida, quero agradecer a toda a minha família, em especial aos meus pais, que de forma direta ou indireta e em plena pandemia me ajudaram e incentivaram a concluir este trabalho final de mestrado.

Obrigado!



## Lista de Siglas

A – Área [m<sup>2</sup>]

$A_s$  – Área total da superfície absorvora [m<sup>2</sup>]

B – Comprimento colector solar [m]

C – Coeficiente de rugosidade ( $C_r=150$  para tubagens em cobre)

$c_v$  – Calor de vaporização da água [Wh/kg]

COP – *Coefficient of Performance*

$c_p$  – Calor específico da água [kJ/kg.°C]

d – Distância mínima entre fileiras [m]

$D_i$  – Diâmetro interno da tubagem [m]

$e$  – Coeficiente de expansão da água

$F_{sol}$  – Fração Solar

$g$  – Aceleração [m/s<sup>2</sup>]

$G_a$  - Grau de saturação

L – Comprimento da tubagem [m]

$m_c$  – Caudal mássico de água renovada [kg/s]

$m_e$  – Taxa de evaporação [kg/h]

n – Número de banhistas por m<sup>2</sup> de superfície de plano de água

N – Número total de ocupantes na nave, incluindo espectadores.

$P_c$  – Perdas térmicas por convecção [W]

$P_e$  – Perdas térmicas por evaporação [W]

$P_f$  – Pressão absoluta final [bar]

$P_i$  – Pressão absoluta inicial [bar]

$P_r$  – Perdas térmicas por radiação [W]

$P_{re}$  – Perdas térmicas por renovação de água [W]

$P_t$  – Perdas térmicas por transmissão de calor [W]

$Q_{fornecido}$  – Produção de calor solar [kWh]

$Q_{apoiio}$  – Aquecimento auxiliar ao solar [kWh]

$R_{gs}$  – Rendimento global do sistema solar térmico

$R_i$  – Irradiação solar [kWh/m<sup>2</sup>/ano]

$S$  – Área do plano de água [m<sup>2</sup>]

$T_p$  – Temperatura da água da piscina [°C]

$T_r$  – Temperatura da água da rede [°C]

$T_s$  – Temperatura exterior [K]

$V$  – Velocidade da água [m/s]

VAL – Valor acrescentado líquido

$V_{int}$  – Volume total de água na instalação [L]

$V_{ve}$  – Volume do vaso de expansão [L]

$W_{as}$  – Humidade absoluta do ar saturado à temperatura do ar interior [ $kg_{agua}/kg_{ar}$ ]

$W_e$  – Humidade absoluta do ar saturado à temperatura da água [ $kg_{agua}/kg_{ar}$ ]

$\Sigma_w$  – Emitância de grande comprimento de onda da água

$\sigma$  – Constante de Stefan-Boltzmann [W/m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>]

$\Delta P$  – Perda de carga linear [Pa]

$\rho$  – Massa específica [kg/m<sup>3</sup>]

## Resumo

Nos últimos anos a sociedade tem-se focado significativamente no ambiente e nas consequências para o planeta se nada for efetuado relativamente ao aquecimento global. Sendo o sol uma fonte de energia não poluente e inesgotável, a energia solar pode ser apresentada como uma solução a este problema da sociedade, em relação à dependência dos combustíveis fósseis.

As instalações desportivas com piscinas cobertas são caracterizadas por possuírem elevados consumos de energia térmica e elétrica, por forma a proporcionar aos seus utilizadores uma boa qualidade de água, do ar e conforto térmico. Deste modo, estes gastos devem ser minimizados com a aplicação de diversas medidas de redução de consumo energético, bem como de alterações no comportamento dos utilizadores, por forma a reduzir o impacto ambiental proveniente destas instalações.

O presente trabalho final de mestrado, tem como principal objetivo caracterizar o sistema de aquecimento de águas existente na Piscina Municipal do Alvito, na Freguesia de Alcântara, em Lisboa, com a finalidade de elaborar um estudo energético relativamente ao aquecimento de água dos dois tanques presentes nesta instalação como ainda das águas quentes sanitárias. Pretendeu-se efetuar um dimensionamento de um sistema solar térmico que permitiu uma poupança energética anual de 6.219,59€, o dimensionamento de duas bombas de calor, reflectindo-se numa poupança anual de 9.516,70€, como ainda encontrar soluções mais ecológicas e económicas comparativamente ao sistema já existente. Por forma a reduzir as perdas térmicas por evaporação, sendo estas as mais relevantes representando 61% das perdas totais existentes no interior da nave, foi calculado através da instalação de uma cobertura ao longo do plano de água, uma poupança anual de 8.187,37€.

Palavras-chave: Ambiente, Aquecimento Global, Energia Solar, Piscinas, Solar Térmico, Bomba de Calor



## **Abstract**

In recent years, the society has focused significantly on the environment and the consequences for the planet if nothing is done about the global warming. As the sun is a non-polluting and inexhaustible source of energy, solar energy can be presented as a solution to this problem, in relation to dependence on fossil fuels.

Sports facilities with indoor swimming pools are characterized by their high consumption of thermal and electrical energy, in order to provide their users with good water, air quality and thermal comfort. Thus, these consumptions must be minimized with the application of various measures to reduce energy use, as well as changes in the behavior of users, in order to reduce the environmental impact of these facilities.

The main objective of this final master's work is to characterize the existing water heating system in the Municipal Pool of Alvito, Alcântara, Lisbon, with the purpose of preparing an energy study regarding the heating of the water in the two tanks present in this installation, as well as hot water. It was intended to carry out a design of a solar thermal system, that allowed an annual energy saving of 6.219,59€, the design of two heat pumps, resulting in an annual savings of 9.516,70€, as well as finding more ecological and economical solutions compared to the existing system. In order to reduce thermal losses by evaporation, which are the most relevant representing 61% of the total losses existing inside the indoor pool, an annual savings of 8.187,37€ was calculated through the installation of a cover along the water surface.

Keywords: Environment, Global Warming, Solar Energy, Swimming Pool, Solar Thermal, Heat Pump



# Índice

<b>1. Relevância do Tema e Motivação</b> .....	15
<b>1.1. Objectivos</b> .....	15
<b>1.3. Introdução</b> .....	16
<b>1.3.1. Energia na Europa e em Portugal</b> .....	16
<b>1.3.2. A evolução do aproveitamento solar</b> .....	20
<b>1.3.3. Radiação Solar</b> .....	22
<b>2. Instalação Solar Térmica</b> .....	25
<b>2.1. Colectores Solares</b> .....	25
<b>2.1.1. Colectores Planos</b> .....	26
<b>2.1.2. Colectores de Tubos de Vácuo</b> .....	29
<b>2.1.3. Colectores Parabólicos Compostos</b> .....	30
<b>2.2. Modo de Instalação dos Colectores Solares Planos</b> .....	31
<b>2.3. Depósitos de Acumulação</b> .....	32
<b>2.4. Bombas e Circuladores</b> .....	34
<b>2.5. Válvulas</b> .....	35
<b>2.5.1. Válvulas de Corte</b> .....	35
<b>2.5.2. Válvulas de Segurança</b> .....	36
<b>2.5.3. Válvulas de Controlo</b> .....	36
<b>2.6. Vaso de Expansão</b> .....	37
<b>2.7. Purgador de Ar</b> .....	38
<b>2.8. Permutadores de Calor</b> .....	39
<b>2.9. Tubagem</b> .....	39
<b>2.10. Controlador Diferencial</b> .....	40
<b>2.11. Fluido de Transferência Térmica</b> .....	41
<b>2.12. Legislação Associada</b> .....	41
<b>2.12.1. Directiva CNQ 23/93</b> .....	41
<b>2.12.2. Decreto Regulamentar n.º 5/97</b> .....	42
<b>2.12.3. Decreto-Lei n.º 306/2007</b> .....	42
<b>2.12.4. Norma Portuguesa 4448/2007</b> .....	43
<b>2.12.5. Circular Normativa n.º 14/DA</b> .....	43
<b>3. Caso de Estudo</b> .....	43
<b>3.1. Lotação</b> .....	48
<b>3.2. Consumos e Custos de Gás Natural e Água</b> .....	50
<b>3.3. Perdas Caloríficas</b> .....	51
<b>3.3.1. Perdas por Renovação de Água</b> .....	52

3.3.2. Perdas por Radiação .....	53
3.3.3. Perdas por Evaporação.....	54
3.3.4. Perdas térmicas por Convecção e Condução .....	55
3.4. Energia Térmica de Águas Quentes Sanitárias.....	56
4. Dimensionamento das Soluções Apresentadas .....	57
4.1. Sistema Solar Térmico .....	57
4.1.1 Viabilidade Económica .....	62
4.1.2. Montagem dos Colectores Solares .....	63
4.1.3. Dimensionamento da Rede Hidráulica e Equipamentos .....	64
4.1.4. Descrição do Sistema Solar Térmico Proposto .....	67
4.2. Bomba de Calor com Desumidificação.....	69
4.2.1. Simulação HAP.....	71
4.2.2. Seleção de Equipamentos.....	77
4.3. Cobertura Térmica da Piscina.....	83
4.4. Viabilidade Económica das Soluções Apresentadas.....	85
5. Conclusão e Trabalhos Futuros .....	85
Referências Bibliográficas .....	87
Anexos .....	89

## Índice de Figuras

Figura 1- Lista dos países signatários do Protocolo de Quioto [2].....	16
Figura 2- Investimento e desenvolvimento da produção de electricidade com origem de energia renovável [6]. .....	18
Figura 3- Comparação Produção Electricidade Energia Renovável/Combustíveis fósseis [6]... ..	19
Figura 4- Percentagens da origem da produção de electricidade em 2017 [6].....	19
Figura 5- Emissões específicas de carbono entre 1999 e 2017 [6].....	20
Figura 6- Esquematização da máquina desenvolvida por John Ericsson [7]. .....	21
Figura 7- Aquecedor solar desenvolvido por Charles Greeley Abbot [8].....	21
Figura 8- Representação esquemática das componentes constituintes da radiação solar [9].....	22
Figura 9- Órbita da Terra em torno do Sol [11]. .....	24
Figura 10- Ângulos Característicos da Radiação Solar [10]. .....	24
Figura 11- Componentes de um painel solar plano [5]. .....	26
Figura 12- Colector solar plano sem cobertura [10].....	27
Figura 13- Constituição de colector plano com cobertura [12].....	27
Figura 14- Comparação Vidro normal e vidro anti-reflexo [10].....	28
Figura 15- Exemplos de um colector de tubos de vácuo [13]. .....	29
Figura 16- Curva da eficiência característica para diferentes tipos de colectores e a área de aplicação [10]. .....	30
Figura 17- Constituição de um Colector Parabólico Composto [14]. .....	31
Figura 18- Exemplos de ligações de colectores solares [14].....	31
Figura 19- Conjunto de ligação em série, paralelo e paralelo de canais [15].....	32
Figura 20- Depósitos de Acumulação de Geometria Horizontal e Vertical [16]. .....	33
Figura 21- Exemplo de bomba circuladora [17]. .....	34
Figura 22- Orifícios devido a efeitos de cavitação [18]. .....	35
Figura 23- Esquematização em corte válvula de macho esférico e borboleta [18]. .....	35
Figura 24- Esquematização da válvula de segurança [10]. .....	36
Figura 25- Esquematização da válvula misturadora [5].....	37
Figura 26- Funcionamento de Vaso de Expansão [10]. .....	38
Figura 27- Esquematização de Purgador de Ar [10]. .....	39
Figura 28- Esquematização de permutador de calor interno e externo [10].....	39
Figura 29- Esquematização de junta de dilatação tipo "lira" [5].....	40
Figura 30- Exemplo de um Controlador Diferencial [19].....	41
Figura 31- Localização da Freguesia de Alcântara no Concelho de Lisboa [22].....	44
Figura 32 Localização da Piscina Municipal do Alvito. ....	44
Figura 33 - Tanque de Aprendizagem e Principal da Piscina Municipal do Alvito.....	45
Figura 34- Planta Piso -1 Piscina Municipal do Alvito.....	45
Figura 35- Planta Piso 0 Piscina Municipal do Alvito. ....	46
Figura 36- Planta Piso 1 Piscina Municipal do Alvito. ....	47
Figura 37- Número de Banhistas mensal na Piscina Municipal do Alvito.....	48
Figura 38- Consumo de Gás Natural na Piscina Municipal do Alvito no ano de 2019.....	50
Figura 39-Consumo de Água na Piscina Municipal do Alvito no ano de 2019. ....	51
Figura 40- Custo mensal de gás e água na Piscina Municipal do Alvito. ....	51
Figura 41- Tipos de perdas caloríficas associadas a piscinas cobertas. ....	52
Figura 42- Tipos de Perdas Caloríficas existentes na Piscina Municipal do Alvito.....	55
Figura 43- Perfil Mensal de energia térmica de AQS em kWh.....	56

Figura 44- Interface Clima Local (Solterm 5.1).....	57
Figura 45- Interface Sistemas Térmicos (Solterm 5.1). ....	58
Figura 46- Caracterização dos depósitos de acumulação (Solterm 5.1).....	59
Figura 47- Caracterização do sistema de apoio (Solterm 5.1).....	59
Figura 48- Introdução de consumos (Solterm 5.1).....	60
Figura 49- Introdução de dados das tubagens e fluido circulante (Solterm 5.1.).....	60
Figura 50- Análise Energética (Solterm 5.1).....	61
Figura 51- Energia fornecida pelo sistema solar e auxiliar (Solterm 5.1).....	61
Figura 52- Benefícios Ambientais (Solterm 5.1). ....	62
Figura 53- Análise económica (Solterm 5.1). ....	62
Figura 54- Balanço de receitas e despesas do sistema solar térmico da Piscina Municipal do Alvito.....	63
Figura 55- Distanciamento entre fileiras de colectores solares.....	63
Figura 56- Configuração dos painéis na cobertura da Piscina Municipal do Alvito.....	64
Figura 57- Ábaco para cálculo de diâmetros de tubagens em cobre.....	64
Figura 58- Cobertura da Piscina Municipal do Alvito.....	67
Figura 59- Implementação dos colectores solar térmicos na cobertura da Piscina Municipal do Alvito.....	67
Figura 60- Esquema de Principio.....	68
Figura 61- Exemplos de corrosão proveniente de uma má desumidificação na Piscina Municipal do Alvito.....	69
Figura 62-Ciclo e componentes de uma bomba de calor.....	70
Figura 63- Parâmetros de Projecto (Hourly Analysis Program).....	72
Figura 64- Dados temperatura máxima e mínima (BS e BH) corrigida (Hourly Analysis Program).....	73
Figura 65- Valores de radiação corrigidos (Hourly Analysis Program).....	73
Figura 66- Caracterização cargas internas, menu Internals (Hourly Analysis Program).....	74
Figura 67- Caracterização da nave menu Walls, Windows, Doors (Hourly Analysis Program).....	74
Figura 68- Caracterização da nave menu Roof, Skylights e Floors (Hourly Analysis Program).....	75
Figura 69- Caracterização do sistema UTA Piscina (Hourly Analysis Program).....	75
Figura 70- Caracterização dos componentes do sistema (Hourly Analysis Program).....	76
Figura 71- Caracterização dos componentes da zona. (Hourly Analysis Program).....	76
Figura 72- Bomba de calor com desumidificação a implementar na Piscina Municipal do Alvito [29].....	77
Figura 73- Esquematização de recirculação de ar no período noturno [29].....	77
Figura 74- Esquematização de desumidificação de ar no período noturno [29].....	78
Figura 75- Esquematização do funcionamento no período diurno Inverno [29].....	78
Figura 76- Esquematização do funcionamento no período diurno Verão [29].....	79
Figura 77- Representação de distribuição de ar em nave de piscina coberta [29].....	79
Figura 78- Injector de ar a implementar na Piscina Municipal do Alvito, tipo DUK, Trox Technik [31].....	80
Figura 79- Grelha extratora de ar a implementar na Piscina Municipal do Alvito, Tipo TRS, Trox Technik [32].....	80
Figura 80- Implementação das condutas de insuflação e extração de ar na nave da Piscina Municipal do Alvito.....	81
Figura 81- Obtenção da capacidade de desumidificação (HDPsyCHART).....	81
Figura 82- Caracterização do equipamento (Hourly Analysis Program).....	82
Figura 83- Coberturas térmicas utilizadas em piscinas interiores e exteriores [33].....	84
Figura 84- Solução proposta para a Piscina Municipal do Alvito [33].....	84

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Factores de variação da irradiação [10]. .....	23
Tabela 2- Resistência da Legionella à temperatura [5]. .....	34
Tabela 3- Requisitos de Conforto Termo-Higrométrico [20]. .....	42
Tabela 4- Caracterização Piso -1 Piscina Municipal do Alvito.....	46
Tabela 5- Caracterização Piso 0 Piscina Municipal do Alvito.....	47
Tabela 6- Caracterização Piso 1 Piscina Municipal do Alvito.....	48
Tabela 7- Número de banhistas na Piscina Municipal do Alvito em 2019 .....	49
Tabela 8- Volume dos Tanques de Compensação na Piscina Municipal do Alvito.....	52
Tabela 9- Taxas de Evaporação na Piscina Municipal do Alvito.....	54
Tabela 10- Dados para seleção bomba circuladora.....	65
Tabela 11- Dados para seleção de Vaso de Expansão.....	66
Tabela 12- Consumo Energético para Climatização Piscina Municipal do Alvito.....	82
Tabela 13- Custo Energético de Sistema Sem Bomba de Calor e Com Bomba de Calor.....	83
Tabela 14- Poupança de gás natural e de água na Piscina Municipal do Alvito.....	84
Tabela 15- Período de Retorno Simples das Soluções.....	85



# 1. Relevância do Tema e Motivação

Nos dias de hoje e ao contrário do que sucedia em gerações anteriores, a sociedade tem-se focado significativamente no ambiente e nas consequências drásticas para o planeta, se nada for alterado, por forma a diminuir o impacto do aquecimento global. Neste sentido, todos os continentes têm trabalhado em conjunto por forma a encontrar alternativas e desenvolvimentos tecnológicos com o objectivo de reverter, ou no mínimo, estabilizar a situação existente.

São cada vez mais evidentes as consequências nefastas da excessiva utilização de combustíveis fósseis, devido aos produtos de reacção que advém da sua queima, como o dióxido de carbono. Assim, é necessário dar ênfase à importância da utilização da energia solar, como forma alternativa capaz de fazer face à escassez e consequências de utilização destes combustíveis.

O autor deste trabalho iniciou as suas funções como engenheiro na Junta de Freguesia de Alcântara em Outubro de 2018, onde teve a oportunidade de verificar os elevados custos associados ao aquecimento de águas da Piscina Municipal do Alvito em Alcântara. Isto inclui o aquecimento do tanque desportivo, tanque de aprendizagem e águas quentes sanitárias. Deste modo, ficou imediatamente sensibilizado para a importância de uma possível solução com recurso a energia renovável, para efectuar o aquecimento destas águas.

## 1.1. Objectivos

Este trabalho tem como principal objectivo avaliar a viabilidade da instalação de um sistema solar térmico com apoio de bomba de calor na Piscina Municipal do Alvito.

Em paralelo, pretende-se analisar as cargas térmicas do recinto da piscina e estudar uma solução de climatização para o local.

Inicialmente é necessário conhecer a legislação associada a instalações com piscinas, mais concretamente a piscinas cobertas. Uma vez conhecida esta legislação aplicada a piscinas cobertas, torna-se necessário proceder a uma identificação de todos os espaços existentes ao longo dos três pisos da Piscina Municipal do Alvito.

Posteriormente a esta caracterização dos espaços a serem estudados, pretende-se saber qual a lotação da Piscina Municipal do Alvito ao longo do ano de 2019 e reunir os dados relativos à facturação de água e gás mensal ao longo desse ano. Conhecendo-se todos os dados relativos à instalação, são então calculados os vários tipos de perdas caloríficas no interior da nave da Piscina. Com recurso aos dados obtidos relativos à ocupação diária dos utilizadores da piscina, pretende-se determinar os consumos de água ao longo do ano.

Através da utilização dos *softwares* SolTerm 5.1 e HAP 48 (*Hourly Analysis Program*, na versão 4.80) pretende-se realizar o dimensionamento de um sistema solar térmico, apoiado por duas bombas de calor, por forma a reduzir significativamente os consumos de gás natural ao longo do ano e com a finalidade de implementar esses sistemas na Piscina Municipal do Alvito. Uma vez efectuado este dimensionamento, pretende-se elaborar um estudo económico, por forma a analisar a viabilidade da instalação solar térmica, com o apoio de duas bombas de calor. Por último, por forma a reduzir significativamente as perdas por evaporação anteriormente calculadas, é efectuado um estudo da aplicação de uma cobertura ao longo do plano de água, procurando determinar quais as vantagens económicas e ambientais da mesma.

### 1.3. Introdução

Do ponto de vista económico, as piscinas e pavilhões municipais não são instalações lucrativas, representando mesmo um custo permanente para as autarquias. Na melhor das hipóteses, as receitas de utilização poderão cobrir parte das despesas de exploração. Geralmente, a maior fatia da despesa encontra-se na factura energética, sendo por isso vital a sua redução com a utilização de energias renováveis, assegurando o funcionamento pleno e contínuo deste tipo de instalações. A utilização de colectores solares em piscinas, transforma as autarquias em pequenos produtores de energia, reduzindo não só a sua dependência energética, mas também lhes permitindo fundamentalmente reduzir as despesas de exploração e manutenção. Tendo em conta as dimensões dos telhados e coberturas destas instalações, a existência de espaço para se proceder à instalação dos colectores solares não constitui de uma forma geral um impedimento.

Como será possível verificar no decorrer deste trabalho final de mestrado, os sistemas solares térmicos podem ter duas aplicações distintas: a produção de águas quentes sanitárias, denominadas AQS, e, ainda, o aquecimento de águas de piscinas.

#### 1.3.1. Energia na Europa e em Portugal

Através das energias renováveis, é possível diversificar o aprovisionamento energético, o que, além de reforçar a segurança do aprovisionamento, favorece a competitividade europeia, mediante a criação de novas atividades económicas, proporcionando novos postos de trabalho, fomentando o crescimento económico e oportunidades de exportação, reduzindo simultaneamente as emissões de gases com efeito de estufa [1]. Com a finalidade de reduzir as emissões e os efeitos dos gases com efeitos de estufa, os líderes dos países mundiais iniciaram um conjunto de conferências e estabeleceram compromissos, por forma a reduzir os consumos de energia proveniente de combustíveis fósseis.

Através da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas de 1992, foi criado o Protocolo de Quioto, que foi adoptado em 1997. Neste protocolo, foi acordado entre o conjunto de países desenvolvidos, a redução em 8% das emissões de gases com efeito de estufa, entre os anos de 2008 e 2012, relativamente aos níveis registados em 1990. Para que fosse possível atingir esta meta, o Protocolo estimulou os países a reformar os sectores de energia, promover o uso de energias renováveis, ou ainda, proteger as florestas. Na figura 1 encontram-se esquematizados o conjunto de países signatários do Protocolo de Quioto.

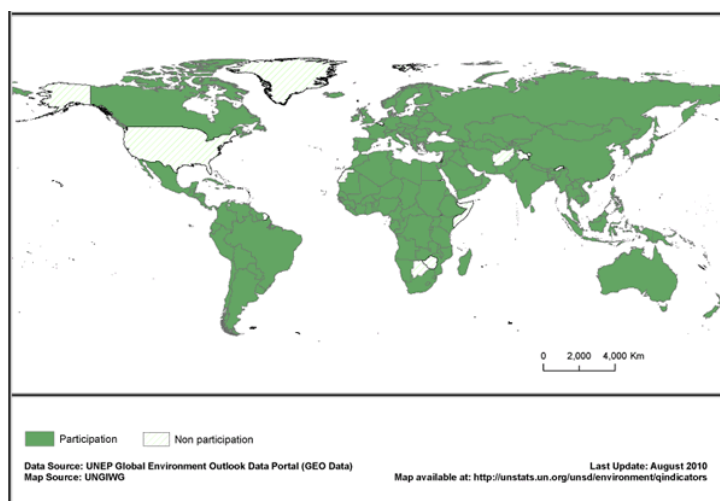


Figura 1- Lista dos países signatários do Protocolo de Quioto [2].

Tal como se pode verificar na figura 1, os Estados Unidos da América, uma grande potência poluidora, negaram-se a ratificar o Protocolo de Quioto, uma vez que os compromissos aí assumidos, interferiam negativamente na economia do país. Todavia, apesar de não terem assinado este mesmo protocolo, alguns estados e localidades do país iniciaram, entretanto, pesquisas e investigações no sentido de reduzir a emissão de gases com efeito de estufa. Posteriormente, em 2016, este foi substituído pelo Acordo de Paris.

Como primeiro passo no sentido de uma estratégia para as fontes de energia renováveis, a Comissão Europeia adoptou em 20 de Novembro de 1996 um Livro Verde<sup>1</sup> [3]. Neste documento é reconhecido o papel importante que as fontes de energia renováveis têm no combate ao efeito de estufa. Deste modo, a União Europeia definiu como metas, a geração de 12% do consumo de energia e de 22,1% do consumo de electricidade, a partir de fontes renováveis até 2010 [4].

A evolução actual é balizada por legislação nos domínios da energia e do ambiente, que tem vindo a ser promulgada após as crises energéticas de 1970. Portugal elaborou um conjunto de leis nestes domínios ainda antes da sua entrada para a Comunidade Europeia. Após 1986, com a sua adesão à União Europeia, Portugal passou a ter que cumprir todo um conjunto de directivas que a Comissão Europeia e o Parlamento Europeu tinham vindo a promulgar. Nas últimas décadas, o programa comunitário ALTENER e os programas nacionais VALOREN e PRIME, são exemplos de medidas de apoio à aplicação de soluções com recurso a diferentes tipos de energia renovável. Estes apoios incidem sobre áreas tais como investigação e desenvolvimento.

Em 2001 foi lançado o programa Eficiência Energética e Energias Endógenas, que continha um conjunto de medidas para melhorar a eficiência energética e o aproveitamento das energias renováveis em Portugal, entre as quais a promoção do recurso a colectores solares para aquecimento de água, o programa Água Quente Solar para Portugal (AQSpP). O objectivo deste programa era atingir 1 milhão de m<sup>2</sup> de colectores instalados até 2010 [5].

Em 2005 foi criada uma Estratégia Nacional para a Energia (ENE), na qual, entre outros aspectos, era pretendido o desenvolvimento e implementação das energias renováveis. A ENE estabeleceu que, até 2010, 39% do consumo de electricidade deveria ser produzida através de energias renováveis.

Posteriormente, em 2006, foi criado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este regulamento teve como objectivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, sendo imposta a obrigatoriedade de instalação de painéis solares térmicos nos novos edifícios de habitação ou em edifícios existentes que sofram grande reabilitação. Deste modo, este plano propiciou a instalação de painéis solares em grande quantidade, conforme era intenção do programa AQSpP anteriormente referido.

Em 2007 a União Europeia fixou o ambicioso objetivo de, até 2020, alcançar uma quota de 20% de energias renováveis no aprovisionamento geral e uma quota de 10% nos transportes, tendo flanqueado esse objetivo com uma série de políticas de apoio<sup>2</sup> [1]. Para conseguir a meta de 20%, a Diretiva Energias renováveis<sup>3</sup> estabeleceu objetivos nacionais obrigatórios para serem alcançados, para os quais os Estados-Membros podiam recorrer a regimes de apoio e aplicar medidas de cooperação, por forma a garantir o seu desenvolvimento, tendo sido este muito mais rápido do que se previa aquando da elaboração da diretiva. Reflexo desta ascensão, são os custos

---

<sup>1</sup> COM (96) 576 de 20.11.1996, “Energia para o futuro: fontes renováveis de energia”.

<sup>2</sup> Entre essas políticas, reformas administrativas, regras de rede e planos de ação nacionais decenais relativos às energias renováveis.

<sup>3</sup> Diretiva 2009/28/CE.

associados a estas tecnologias. Durante os últimos anos, os custos médios de um sistema fotovoltaico diminuíram 48% e, nos parques eólicos, os custos de investimento diminuíram 10%. Outras tecnologias seguem a mesma ascensão, onde também se espera que os respectivos custos de capital diminuam.

Com a finalidade de preparar o período pós-2020, em 2011 a União Europeia criou o COM (2011) 885, no qual é apresentado o Roteiro para a Energia 2050. Neste programa encontra-se o comprometimento da União Europeia em reduzir, até 2050, as emissões de gases com efeito de estufa até um nível 80% a 95% inferiores aos de 1990, e ainda reduzir essas emissões em cerca de 40%.

Tendo em conta todas estas medidas e incentivos, tanto por parte tanto da União Europeia como de Portugal, têm-se verificado melhorias significativas na evolução e desenvolvimento das energias renováveis. Segundo os dados facultados pela Associação de Energias Renováveis (APREN) em relação ao ano de 2017, a produção de electricidade de origem renovável acrescentou importantes ganhos na economia nacional, tais como a poupança anual de 770 milhões de euros na importação de gás natural e carvão, a redução anual de 49 milhões de euros em licenças de emissão de dióxido de carbono e, ainda, a redução anual da emissão de 8,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono.

A partir de 2004 verificou-se um acréscimo gradual da potência instalada de energia renovável, com uma redução proporcional da potência fóssil desde 2011. O mercado electroprodutor português sofreu uma mudança de paradigma no que se refere à origem da produção de electricidade. Na figura 2 encontra-se evidente o significativo investimento e desenvolvimento na produção de energia eléctrica através das energias renováveis.

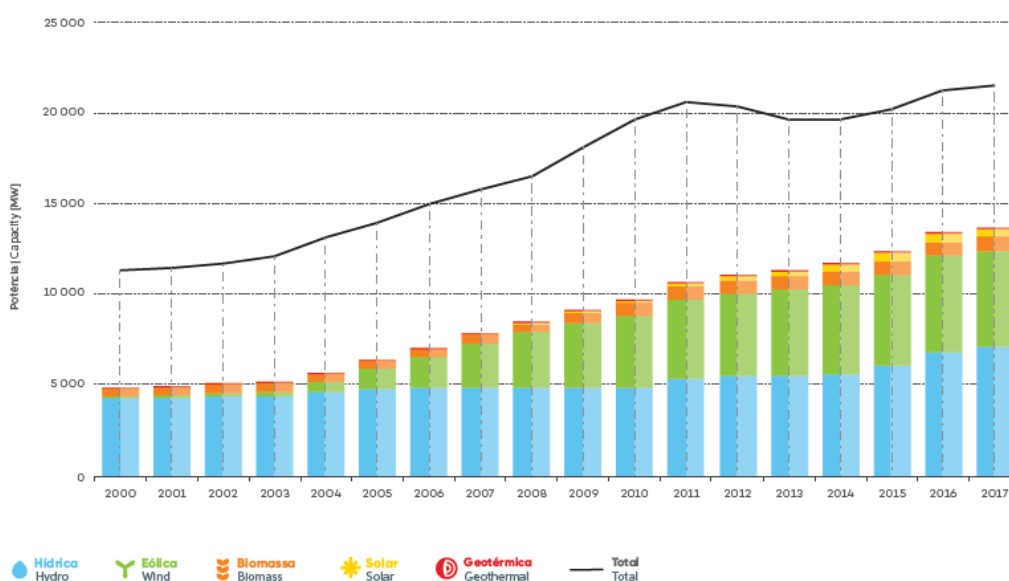


Figura 2- Investimento e desenvolvimento da produção de electricidade com origem de energia renovável [6].

De salientar o investimento nos parques eólicos desde 2004. Tal como se pode verificar na figura 3, no ano de 2017 a produção de electricidade através de energia renovável foi de 23493 GWh, que representa uma percentagem de 42% face a produção de energia eléctrica em Portugal 56195 GWh.

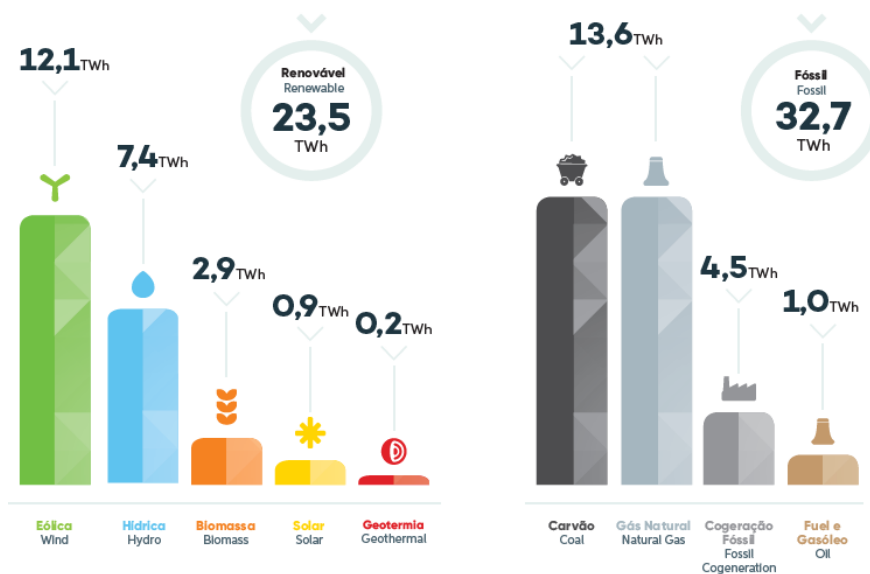


Figura 3- Comparação Produção Electricidade Energia Renovável/Combustíveis fósseis [6].

Deste modo, como se encontra esquematizado na figura 3, a fonte de produção de electricidade que mais contribuiu para a satisfação do consumo nacional foi a de origem eólica, seguida da hídrica. Tal como mencionado anteriormente, o peso de electricidade renovável atingiu o valor de 42%, tal como se pode verificar na figura 4.

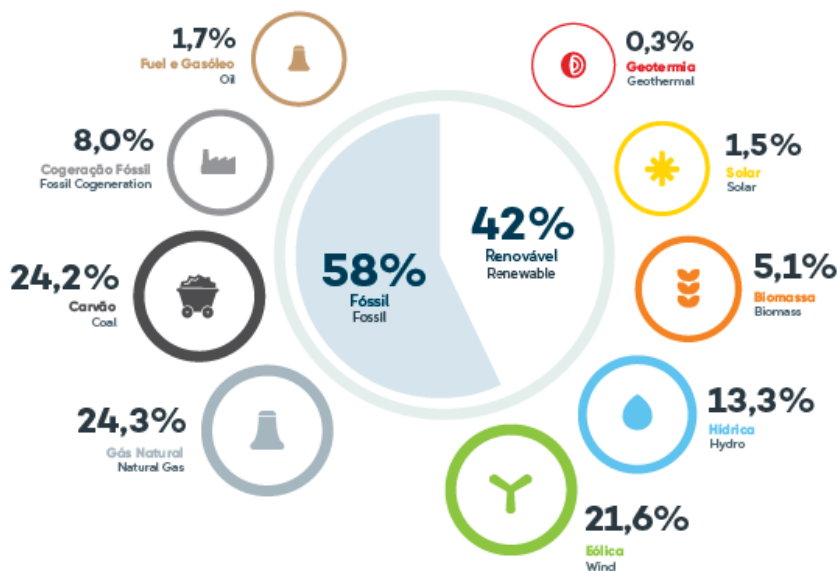


Figura 4- Percentagens da origem da produção de electricidade em 2017 [6].

A produção renovável tem ainda permitido reduzir as emissões específicas no sector electroprodutor nacional, tal como esquematizado na figura 5. O seu valor, em 2017, passou a ser cerca de metade do valor no ano de 1999, sendo este de 360 g/kWh. Com a manutenção do investimento e desenvolvimento presente, é esperado atingir o valor de 70 g/kWh em 2030.

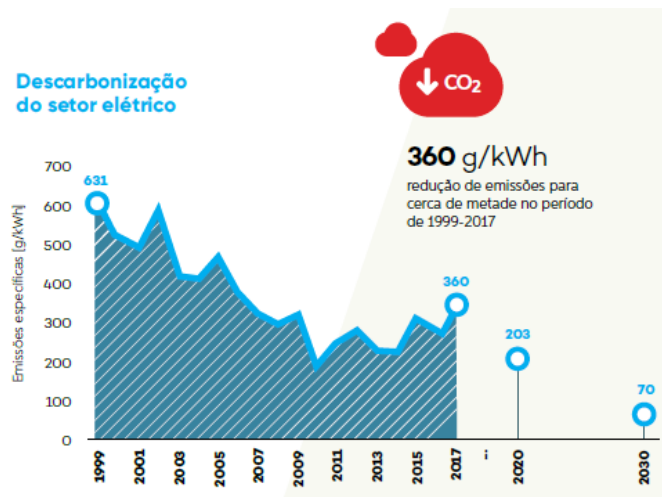


Figura 5- Emissões específicas de carbono entre 1999 e 2017 [6].

### 1.3.2. A evolução do aproveitamento solar

O Sol é indispensável para a existência de vida no planeta. As primeiras civilizações perceberam rapidamente a importância do sol e, à medida que as civilizações evoluíram, também desenvolveram técnicas para que, deste modo, conseguissem aproveitar cada vez melhor a sua energia. Inicialmente, foram utilizadas técnicas para aproveitar a energia solar de forma passiva, posteriormente, foram desenvolvidas técnicas para tirar proveito da energia solar térmica e, por último, deu-se o aparecimento da energia solar fotovoltaica.

Em muitos casos estas civilizações geraram religiões que giravam em torno do sol, sendo que, até a arquitetura destas civilizações tinha uma estreita relação com o sol. Servem de exemplo as civilizações do Império Inca, Romano, Asteca ou ainda a Egípcia. Durante o Império Romano, começaram a ser utilizadas janelas para aproveitar a luz. Foram ainda os romanos os primeiros a construir estufas, por forma a criar as condições adequadas para o crescimento de plantas exóticas.

Em meados do século XVIII, surge a utilização da energia solar térmica, através do suíço Horace Bénédict de Saussure, que inventou o heliôtermómetro, um instrumento que poderia medir a radiação solar. Através do seu desenvolvimento, este instrumento deu origem aos instrumentos atuais para medir a radiação solar. Foi também Horace Bénédict de Saussure, quem desenvolveu o que seria o primeiro coletor de energia solar térmica. Estes primeiros colectores, eram caixas feitas de madeira e vidro, com o objetivo de captar energia solar.

Posteriormente, no século XIX, apareceram os sistemas de aquecimento solar para produção de vapor a nível industrial. August Mouchot foi o pioneiro no desenvolvimento de equipamentos para a produção de vapor utilizando energia solar. Em 1874, na Argélia, ele desenvolveu um concentrador solar para produzir vapor, que accionava uma bomba de irrigação[5]. Uma década mais tarde, em 1887, Abel Pifre utilizou um concentrador semelhante ao desenvolvido por Mouchot, para produzir vapor que accionava uma máquina de impressão. O sueco John Ericsson, em 1883, utilizou pela primeira vez um painel parabólico orientável, que rodava em torno de um eixo vertical, tal como se pode verificar na figura 6.

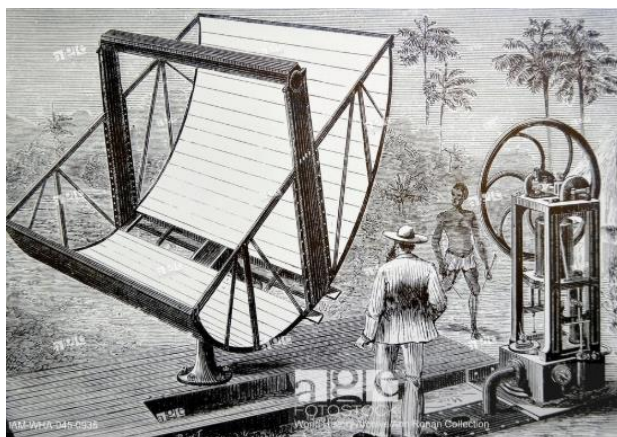


Figura 6- Esquemática da máquina desenvolvida por John Ericsson [7].

No início do século XX, são desenvolvidos os primeiros painéis solares em vez de espelhos reflectores, por Willsie e Boyle Jr. Os equipamentos criados por estes, utilizavam a energia solar para produzir vapor a baixa temperatura, que servia para efectuar a evaporação de amoníaco. Os sistemas desenvolvidos possuíam um sistema de aquecimento de apoio, utilizando a queima de combustível.

O crescimento da indústria solar foi muito grande até meados dos anos 50, todavia, a tecnologia solar foi negativamente afectada pelo baixo custo dos combustíveis fósseis. O custo de extracção destes, como por exemplo gás natural e carvão, passou a ser significativamente reduzido em relação ao investimento que era necessário efectuar para a utilização de energia solar térmica. Nesse momento da história não havia ainda consciência dos efeitos nefastos do uso de combustíveis fósseis para o ambiente, e o efeito de estufa ainda não era um problema presente no Planeta.

Assim, foi necessário aparecerem as crises energéticas de 1970 e 1980 para impulsionar definitivamente o uso do solar térmico para fins de aquecimento nos edifícios. Até essas crises petrolíferas aparecerem, a energia era considerada um bem inesgotável e não existiam preocupações ambientais. Essas crises reavivaram o interesse pelo uso das energias renováveis.

O aumento dos preços dos combustíveis fósseis levou a um ressurgimento do uso de energia solar, quer para o aquecimento de casas e água, como para a geração de electricidade. Neste sentido, um importante desenvolvimento foi a invenção, em 1936, de um aquecedor solar altamente eficiente, por Charles Greeley Abbot. Na figura 7 é possível visualizar este equipamento.



Figura 7- Aquecedor solar desenvolvido por Charles Greeley Abbot [8].

### 1.3.3. Radiação Solar

A maior fonte de energia disponível na terra provém do sol, sendo este imprescindível para a existência de vida na terra, uma vez que, é com esta energia que ocorrem os processos químicos e biológicos por parte de todos os seres vivos. A radiação solar também pode ser aproveitada para produzir electricidade, através da conversão fotovoltaica, na qual um dispositivo, designado por célula solar, converte a energia solar em energia eléctrica. Este processo é fiável, na medida em que não é poluidor, e inesgotável, tendo em conta que, embora a distância entre o Sol e a Terra seja cerca de 150 milhões de quilómetros, todos os dias do ano chegam à Terra quantidades enormes de energia proveniente do Sol.

Uma das principais influências da atmosfera na radiação proveniente do sol é a alteração do ângulo de incidência de uma fracção dos raios solares. Tal como se pode verificar na figura 8, a radiação solar é dividida em três componentes, cada uma com determinadas características.



Figura 8- Representação esquemática das componentes constituintes da radiação solar [9].

A radiação solar tem diversas componentes, tal como se pode verificar na figura 8, a radiação directa atinge a terra sem qualquer mudança de direcção, a radiação difusa que nos chega, quer através da difusão de moléculas de gases na atmosfera, tais como o ozono, vapor de água, oxigénio e dióxido de carbono, correspondendo à “difusão de Rayleigh”, ou difusão por partículas de pó e contaminação do ar, denominado “difusão de Mie” e, por último, a radiação reflectida, sendo esta, o resultado da reflexão da radiação solar no chão e em objectos, a qual se denomina por albedo, dependendo essencialmente da composição e cor do chão.

No caso de um dia de céu limpo, quando o Sol está no zénite, a intensidade de radiação solar que incide sobre uma superfície horizontal, ultrapassa ligeiramente os  $900\text{W}/\text{m}^2$  [5]. A nebulosidade ou o estado do céu é o segundo factor decisivo, depois das condições astronómicas, a afectar a disponibilidade de radiação solar. A energia irradiada tal como a quantidade de radiação difusa e directa varia com a quantidade de nuvens [10].

A radiação global sobre uma superfície horizontal é calculada através da soma entre a radiação directa, difusa e reflectida, tal como se pode verificar pela expressão (1).

$$E_G = E_{directa} + E_{difusa} + E_{reflectida} \quad (1)$$

Quando o sol se localiza verticalmente acima de uma determinada localização, a radiação efectua o caminho mais curto através da atmosfera. Nessas condições, o valor do factor “Massa de Ar” é 1, sendo este factor equivalente ao número de vezes que os raios solares têm que percorrer a espessura da atmosfera até atingir a superfície da Terra, considerando um ângulo de elevação de  $\gamma_S = 90^\circ$ .

Todavia, quando o sol se encontra num ângulo mais baixo, a radiação percorre um caminho mais longo. Deste modo, a radiação solar sofre uma maior absorção e difusão, tal como mencionado anteriormente, originando uma menor intensidade de radiação a atingir o solo, nessas condições, o factor de “Massa de Ar” pode atingir o valor 2. Já o factor “Massa de Ar” no espaço, sem influência da atmosfera, tem o valor 0.

Na tabela 1 é possível verificar alguns valores indicativos para a redução da intensidade da radiação solar ao atravessar a atmosfera [10].

*Tabela 1- Factores de variação da irradiação [10].*

$\gamma_S$	Massa de Ar	Absorção	Difusão Rayleigh	Difusão Mie	Atenuação Total
90°	1,00	8,7%	9,4%	0 – 25,6%	17,3 – 38,5%
60°	1,15	9,2%	10,5%	0,7 – 25,6%	19,4 – 42,8%
30°	2,00	11,2%	16,3%	4,1 – 49%	28,8 – 59,1%
10°	5,76	16,2%	31,9%	15,4 – 74,3%	51,8 – 85,4%
5°	11,5	19,5%	42,5%	24,6 – 86,5%	65,1 – 93,8%

Tal como se pode verificar na tabela 1, à medida que o ângulo de elevação diminuí, o valor do factor “Massa de Ar” irá aumentar, sendo que, deste modo, irão aumentar os valores de Difusão de “Rayleigh e Mie” e, conseqüentemente, o valor de atenuação total.

Outro factor a ter em conta para o dimensionamento de um sistema solar térmico é a influência da orientação da radiação solar. Para diferentes ângulos de incidência do sol ao longo do ano, a uma determinada latitude, existe um valor máximo de radiação produzida que poderá ser obtido se a superfície receptora se encontrar inclinada com um determinado ângulo. Este ângulo de inclinação óptimo, para os meses de Inverno, ou seja, na presença de menor radiação, é maior que no Verão, devido à menor altura solar [10]. Deste modo, torna-se necessário definir um ângulo com incidência solar, tendo em conta a estação na qual o sistema vai funcionar.



Figura 9- Órbita da Terra em torno do Sol [11].

Como se pode verificar na figura 10, o planeta Terra percorre uma órbita em torno do Sol, trajetória esta responsável pelas estações do ano. Quando o ângulo formado entre a direção da radiação e o plano do Equador toma o valor de zero, a duração dos dias é igual à duração das noites, sendo este fenômeno denominado de Equinócio. Quando a incidência dos raios solares é máxima num dos hemisférios, leva a que no outro hemisfério seja mínima, este fenômeno é denominado de Solstício.

Uma vez definida a importância da influência da orientação solar, é fundamental salientar a importância da orientação dos coletores solares, tendo sempre em conta que estes devem ser orientados para Sul no caso de instalações localizadas no Hemisfério Norte. Na figura 11 é possível verificar-se qual o ângulo de azimute bem como a altura solar anteriormente mencionada.

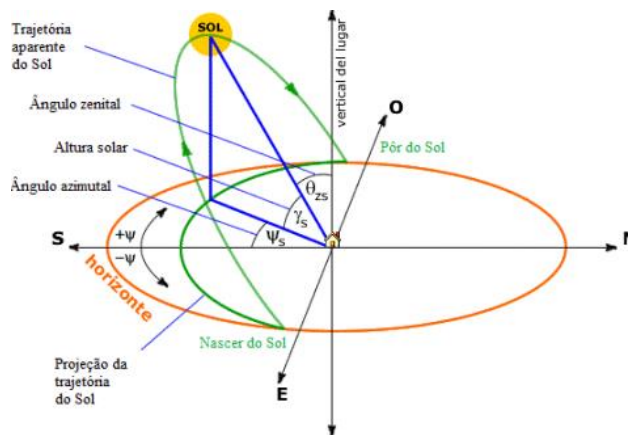


Figura 10- Ângulos Característicos da Radiação Solar [10].

Como se pode verificar na figura 11, o ângulo de azimute, é caracterizado por ser o ângulo que define a direção do movimento do sol, e corresponde ao desvio angular da superfície dos coletores relativamente à direção Sul. Na tecnologia solar o ângulo do azimute é zero para a direção sul. Quanto à altura solar, tal como anteriormente mencionado é o ângulo compreendido entre o raio proveniente do sol e a sua projeção sobre o plano horizontal, quanto maior for a latitude do local, menor será o valor da altura solar [10].

## 2. Instalação Solar Térmica

Uma instalação solar térmica, pode servir para o aquecimento de águas sanitárias, para o aquecimento ambiente e para o arrefecimento ambiente. Podem ainda ser classificados, em função da movimentação do fluido e em função da orientação do painel. O tipo de equipamentos e acessórios que constituem um sistema solar térmico são múltiplos, mas em todos estes sistemas existe uma captação de energia (painel solar), um consumo (aquecimento de águas sanitárias) e uma rede de tubagem, que serve de ligação entre a captação e o consumo de energia [5].

Os principais constituintes da instalação solar térmica, que se pretende dimensionar para aquecimento de águas quentes sanitárias na Piscina Municipal do Alvito, são os colectores solares, depósitos de acumulação, bombas e circuladores, válvulas, purgadores de ar, permutadores de calor, tubagens e ainda o controlador diferencial.

### 2.1. Colectores Solares

Os colectores solares instalados nos telhados, convertem a luz que incide sobre eles, e que penetra através dos vidros (radiação de onda-curta), em calor. Estes colectores estabelecem uma ligação entre a energia proveniente do sol e os utilizadores de água quente [10]. Por forma a aproveitar da melhor maneira a energia proveniente da radiação solar, interessa absorver o máximo de energia radiante e que esta energia seja totalmente transferida para o fluido que se pretende aquecer, ou seja, que não haja perda desta energia pelos possíveis métodos de transferência de calor, condução, convecção e radiação para o exterior [5].

Os colectores solares, que são equipamentos que efectuem a captação de energia solar, deverão ser concebidos por forma a minimizar as perdas de calor anteriormente referidas. Deste modo, estes devem possuir uma superfície que tenha uma elevada absorvidade, para maximizar a captação de energia radiante incidente, com comprimentos de onda entre  $0,3 \mu\text{m}$  e  $3,0 \mu\text{m}$ , serem isolados termicamente, reduzindo assim as perdas por condução e convecção, e ainda possuir uma baixa emissividade para os comprimentos de onda da radiação própria, sendo estes mais elevados entre  $3 \mu\text{m}$  e  $30 \mu\text{m}$  [5].

Como referido anteriormente, o calor no interior dos colectores é gerado pela absorção dos raios solares por uma placa metálica, que se comporta como um corpo negro, sendo esta a placa absorvora. Nesta placa absorvora encontra-se incorporado um sistema de tubos, que tem como principal objectivo, transferir o calor acumulado para o fluido de transferência térmica, passando este de seguida para o tanque de armazenamento de água quente sanitária. Uma vez arrefecido no tanque de armazenamento, o fluido de transferência regressa ao colector, enquanto que a água potável aquecida se mantém no depósito de acumulação para posterior utilização.

No interior do tanque de armazenamento de água quente sanitária, é criada uma estratificação térmica, na qual a água aquecida tende a ocupar o topo, dada a sua menor massa específica, onde está localizada a tomada de água quente, enquanto a água fria se encontra no fundo, onde está localizado a reposição de água fria.

Embora existam diferentes soluções construtivas, para a análise do desempenho de um colector solar são definidos determinados parâmetros, tais como:

- Eficiência do colector, representando a razão entre a energia convertida em calor e a radiação incidente no colector;
- Eficiência óptica, sendo a percentagem de radiação incidente no colector que pode ser convertida em calor, é o produto da transmissividade da cobertura com a absorptividade do absorsor [5].

Existem diversos tipos de colectores para diferentes aplicações no mercado com custos e especificações diferenciadas, para descrever a geometria dos colectores consideram-se, a área do absorsor, correspondendo à área de captação da placa absorSORa, posteriormente a área de abertura, correspondendo esta à área através da qual a radiação solar passa para o colector e, por último, a área bruta que corresponde à dimensão total do colector, ou seja, às dimensões exteriores, definindo a quantidade mínima de superfície de telhado necessária para a instalação destes equipamentos, na figura 12 encontram-se esquematizados tipos de áreas referidos.

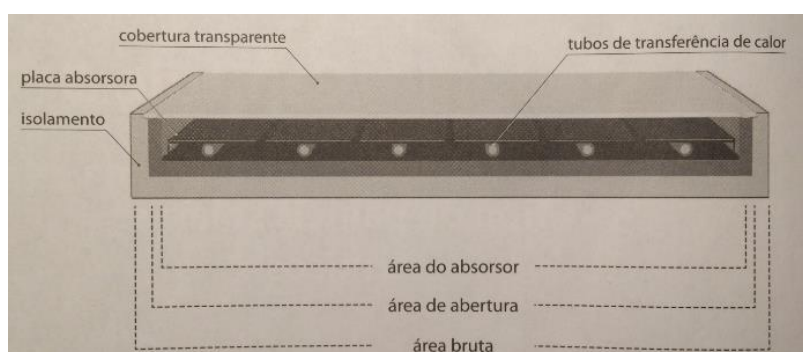


Figura 11- Componentes de um painel solar plano [5].

Segundo a Norma EN 12975, a área da superfície de abertura é utilizada como método de comparação dos diferentes colectores [10].

Existem vários tipos de colectores solares, como os colectores planos, podendo ser divididos entre colectores com e sem cobertura, os colectores de tubos de vácuo, e ainda os colectores CPC (Colector Parabólico Concentrador).

### 2.1.1. Colectores Planos

Tal como anteriormente mencionado, os colectores planos podem ser divididos entre colectores planos com e sem cobertura, todavia os mais utilizados em instalações são os colectores solares com cobertura, também designados por colectores planos selectivos.

Os colectores sem cobertura são constituídos apenas por uma placa absorSORa. Este tipo de colectores tem uma menor eficiência relativamente aos colectores planos com cobertura, uma vez que não possuem a cobertura selectiva que permite obter o efeito de estufa. No entanto, tendo em conta a sua simplicidade de construção, são caracterizados pelo facto de serem baratos. Na figura 13 é possível verificar-se um exemplo de um colector plano sem cobertura.



Figura 12- Colector solar plano sem cobertura [10].

Quando se pretende instalar um colector solar plano sem cobertura, é fundamental o conhecimento das suas vantagens e desvantagens. A principal vantagem da utilização deste tipo de colector, reside essencialmente no facto, de se encontrar disponível para diversas formas de telhado, tais como telhados planos e inclinados. Por outro lado, a principal desvantagem reside no facto do seu baixo desempenho, que leva a que seja necessário, a instalação de um conjunto de colectores com maior área de captação do que o que seria necessário para outros tipos de colectores [10].

Já os colectores planos com cobertura são caracterizados por possuírem um isolamento térmico em todas as extremidades menos na parte superior na qual se encontra uma cobertura transparente selectiva. Na figura 14 encontra-se esquematizado a constituição de um colector plano com cobertura.

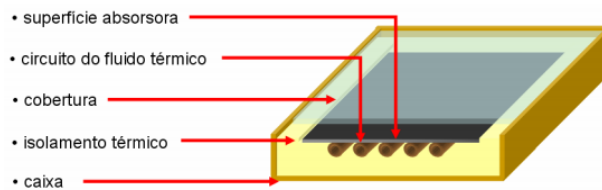


Figura 13- Constituição de colector plano com cobertura [12].

Um dos principais elementos constituintes deste tipo de colectores, tal como anteriormente referido, é a placa absorvora. Esta consiste numa chapa metálica com uma grande capacidade de absorver a energia que recebe por radiação. Quando a radiação solar atinge o absorvora, esta é parcialmente absorvida gerando calor, que é transferido para os tubos ou canais de escoamento, sendo através destes tubos que o fluido de transferência térmica transporta o calor para os tanques de armazenamento.

Tal como referido anteriormente, os colectores servem para converter a radiação solar em calor. Deste modo o absorvora encontra-se otimizado para ter a maior capacidade de absorção e a menor emissividade térmica possível. Esta optimização é possível através do tratamento da chapa metálica com um revestimento de pintura preto baço.

Os colectores solares incluem no seu interior por um outro elemento fundamental para o seu desempenho, sendo este o isolamento. De modo a reduzir as perdas de calor para o ambiente, o colector possui uma camada de isolamento entre a caixa em volta do mesmo e a placa absorvora. Considerando as temperaturas elevadas atingidas nos colectores, é necessário considerar o tipo de isolamento utilizado, uma vez que este não pode derreter, encolher, ou libertar gases. Deste modo,

os materiais mais utilizados como isolante são a lã de rocha, lã de vidro, poliuretano, e ainda o poliuretano isento de CFCs [10].

Os elementos anteriormente mencionados são instalados numa caixa e encontram-se protegidos, com uma cobertura transparente, que provoca o efeito de estufa e reduz as perdas de calor. Esta cobertura utilizada é em vidro com baixo teor em ferro, ou seja, um vidro muito transparente, tendo este uma espessura de 3 a 4 milímetros. De modo a otimizar o desempenho da cobertura instalada no colector, são efectuados tratamentos especiais, como por exemplo um tratamento anti-reflexo sobre a face exterior de modo a diminuir as perdas por reflexão dos raios solares incidentes [10]. Um outro método possível é a instalação de vidro duplo, aumentando deste modo o efeito de estufa e a temperatura que o fluido de transferência pode atingir. Na figura 15 é efectuada uma comparação entre um vidro normal e um vidro anti-reflexo.



Figura 14- Comparação Vidro normal e vidro anti-reflexo [10].

Como se pode verificar na figura 15, os efeitos da implementação de um vidro anti-reflexo são consideráveis, na medida em que a reflexão e a absorção da radiação são reduzidas. Deste modo com esta implementação a capacidade de transmitir a luz é aumentada de 91% para 96%, levando posteriormente a que nos colectores típicos a produção aumente de 7% para 10% [10].

Um outro elemento constituinte dos colectores solares é o vedante, este tem como função não só de protecção do equipamento, como também para manter o rendimento do mesmo, uma vez que evita a entrada de água, pó ou insectos. Estes vedantes entre a cobertura transparente e a caixa podem ser de materiais tais como EPDM ou borracha de silicone.

Este tipo de colector pesa entre 15 e 20 kg/m<sup>2</sup> e são fabricados desde 1,5 m<sup>2</sup> a 12,5 m<sup>2</sup>, todavia os tamanhos mais comuns são de 2 m<sup>2</sup>, sendo assim o peso de cada módulo de 40 Kg. Estes colectores solares podem ser diferenciados em colectores de baixa temperatura e alta temperatura. Os colectores de baixa temperatura são utilizados quando se pretendem obter temperaturas do fluido térmico inferior a 80° C, geralmente quando se pretende utilizar água a temperaturas da ordem dos 60° C, são deste modo muito utilizados em sistemas de aquecimento solar para AQS. Os colectores solares de alta temperatura conseguem trabalhar com boa eficiência a temperaturas entre 80 e 100°C [5].

Os colectores solares planos têm algumas vantagens e desvantagens face aos outros tipos de colectores que serão mencionados de seguida, as vantagens de utilização deste tipo de colectores recaem no facto de serem mais baratos que um colector de vácuo ou parabólico composto, têm uma excelente relação de preço/desempenho e oferecem ainda múltiplas opções de montagem.

As principais desvantagens com a utilização deste tipo de colector solar, relacionam-se com o facto de apresentarem menor eficiência em relação aos outros tipos de colectores anteriormente mencionados e, ainda, a desvantagem de exigirem mais espaço nas coberturas para a sua instalação.

### 2.1.2. Colectores de Tubos de Vácuo

Os colectores de tubos de vácuo ou também denominados colectores evacuados, são painéis planos em que o fluido térmico circula no interior de tubos concêntricos, sendo o interior escuro, para absorver a radiação solar e o exterior de vidro de modo a ser o máximo transparente possível à radiação solar e opaco à radiação própria. Na figura 16 encontra-se esquematizado um exemplo de um colector de tubos de vácuo.

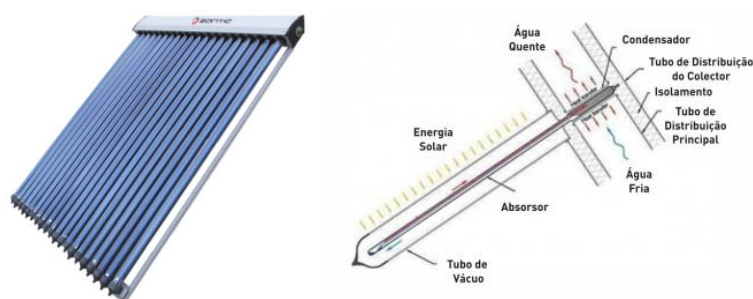


Figura 15- Exemplos de um colector de tubos de vácuo [13].

Como se pode verificar na figura 16, a zona de vácuo mencionada tem como principal objectivo, reduzir as perdas de calor do fluido térmico para o ambiente. Este tipo de colectores permite atingir temperaturas próximas de 100 °C, pelo que podem ser utilizados no aquecimento de águas sanitárias.

Existem dois tipos de painéis de tubos evacuados, os designados por painéis de tubos de vácuo com fluxo directo e os tubos de vácuo com separação de fluidos. No primeiro caso, o fluido térmico que circula no interior dos tubos de vácuo é o mesmo que percorre o restante circuito hidráulico. Os tubos do painel podem ser simples e em forma de “U”, ou de tubos concêntricos, circulando a água quente no tubo interior e a água fria no tubo exterior. No segundo caso, cada tubo de vácuo possui no seu interior um tubo de calor [5].

A principal vantagem da utilização deste tipo de colectores relaciona-se com a sua boa eficiência, mesmo com elevadas diferenças de temperatura entre o absorvedor e o meio envolvente, atingem elevadas temperaturas, são facilmente transportados para qualquer local, apresentando um peso relativamente baixo. As principais desvantagens deste tipo de colector solar, são o seu custo mais elevado comparando com os colectores planos e ainda o facto de não poderem ser utilizados numa instalação no telhado. Na figura 17 é possível verificar-se uma comparação das curvas típicas entre os colectores planos e os colectores de tubos de vácuo.

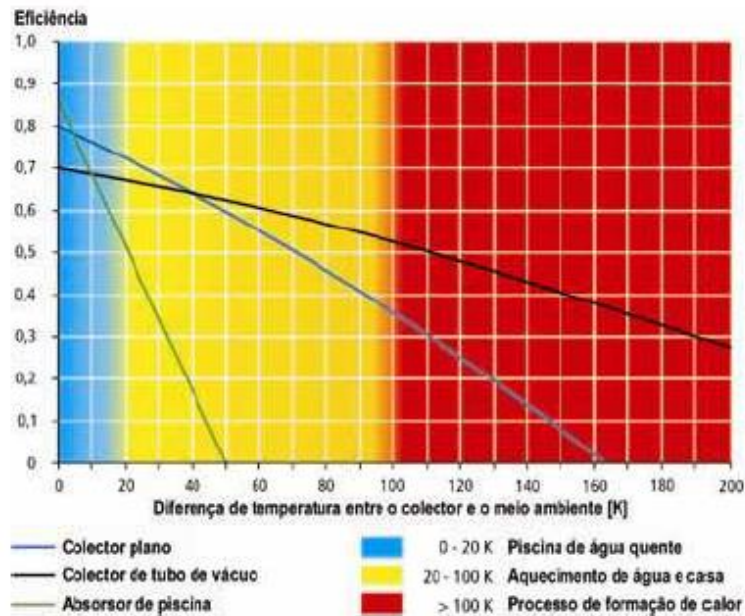


Figura 16- Curva da eficiência característica para diferentes tipos de coletores e a área de aplicação [10].

Como se verifica, a eficiência máxima, ocorre quando a diferença de temperatura entre o coletor e o meio ambiente é zero, diminuindo este valor à medida que a diferença de temperaturas aumenta. Este valor da eficiência será mínimo quando o coletor atinge a temperatura de estagnação, os coletores planos com bom isolamento, atingem uma temperatura de estagnação máxima de 160 °C a 200 °C, enquanto que no caso dos coletores de tubo de vácuo este valor pode chegar à ordem dos 200 °C a 300 °C.

### 2.1.3. Coletores Parabólicos Compostos

Os coletores parabólicos tal como o nome indica, possuem uma superfície do tipo parabólico que concentra os raios solares para a zona de captação da energia radiante, permitindo deste modo, alcançar temperaturas que podem ultrapassar os 300 °C. Os coletores parabólicos compostos, (*Compound Parabolic Concentrator – CPC*) apresentam uma superfície do tipo parabólico cilíndrica, sendo a reflexão dos raios solares enviada para a zona tubular onde circula o fluido térmico [5].

O modo de funcionamento deste tipo de coletores passa pela concentração da radiação solar, na placa absorvedora, através de um sistema duplo de absorção da radiação. Assim, os coletores são constituídos por um sistema de absorvedores, que permite absorver a radiação de forma semelhante aos coletores planos, e um sistema de reflexão da radiação que permite a absorção da radiação na parte inferior do absorvedor. Na figura 18 é possível verificar-se alguns dos elementos constituintes deste tipo de coletores.

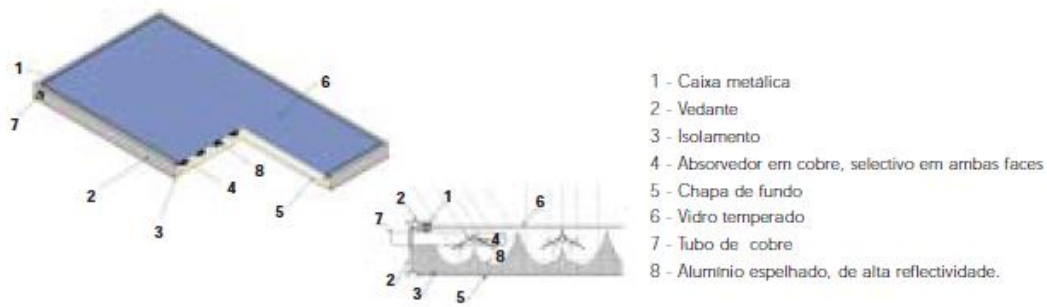


Figura 17- Constituição de um Colector Parabólico Composto [14].

Como se pode verificar na figura 18, a superfície reflectora, através da sua configuração, permite concentrar a radiação através de materiais espelhados com elevado nível de reflectividade. As principais vantagens provenientes da utilização deste tipo de colectores, são o facto de terem uma elevada eficiência mesmo com elevadas diferenças de temperatura, entre o absorvedor e o meio envolvente ou com baixa radiação, todavia a sua principal desvantagem é o preço associado a este equipamento.

## 2.2. Modo de Instalação dos Colectores Solares Planos

Quanto à instalação dos colectores solares planos para um sistema solar térmico, deve obedecer-se a um conjunto de regras por forma a garantir-se a optimização e o máximo rendimento destes equipamentos. Neste conjunto de regras de instalação destacam-se a orientação a Sul, correcta inclinação do colector solar, local livre de sombras ao longo de todo o ano e ainda a facilidade de acesso para se proceder à limpeza, vistoria e reparação. Uma vez que não seja possível a orientação a Sul, pequenos desvios não afectam consideravelmente o rendimento do sistema solar térmico, todavia deve ser compensado com o aumento da área de captação [14].

Quanto à ligação dos colectores, esta pode ser efectuada através de uma configuração em paralelo, série ou ainda paralelo de canais. Tendo em conta estas possibilidades de ligação, é necessário ter em consideração as características hidráulicas do circuito, ou seja, não introduzir perdas de carga desnecessárias, e tentar que estas sejam semelhantes em todos os circuitos para que o caudal seja idêntico em todas as filas. Na figura 19 encontram-se esquematizados os tipos de ligações anteriormente referidas.

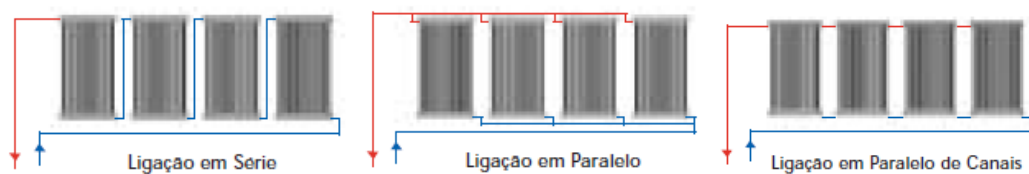


Figura 18- Exemplos de ligações de colectores solares [14].

Quando ligados em série, o fluido térmico percorrerá todos os painéis, o que implica que o primeiro painel terá melhor rendimento que o segundo e assim sucessivamente. A perda de carga total dos painéis, corresponderá à soma da perda de carga em cada um dos painéis e ainda

a perda de carga nas linhas de ligação. Este tipo de ligação é ainda caracterizado pelo seu baixo custo de instalação e simples montagem, todavia sempre associada a um baixo rendimento.

Uma vez os colectores ligados em paralelo, cada um trabalhará de forma independente, sendo percorrido pelo seu caudal nominal, levando a que no caso de painéis iguais, todos terão a mesma diferença de temperatura associada e o mesmo rendimento. A perda de carga total do sistema será igual à soma da perda de carga em um dos painéis com a perda de carga nas linhas de ligação ao painel mais afastado da origem. Este tipo de ligação é caracterizado pela perda de carga baixa, bom rendimento térmico, número de colectores montados em paralelo ilimitado, todavia os custos associados a este tipo de ligação são mais elevados devido à sua maior complexidade de instalação.

Os colectores solares também podem ser ligados em paralelo de canais, neste, o fluido térmico irá percorrer todos os painéis, todavia a perda de carga será baixa e o rendimento elevado. Este tipo de ligação é ainda caracterizado pelo seu baixo custo de montagem, sendo uma instalação simples de executar, contudo não é possível ligar mais de quatro painéis entre si.

Após descritos os principais tipos de ligação dos colectores solares, é então possível em instalações de maior dimensão, optar-se por ligações em paralelo de canais e em série, sem prejudicar o funcionamento do sistema. Na figura 20 é possível verificar-se como o equilíbrio hidráulico é conseguido através da alimentação invertida entre baterias.

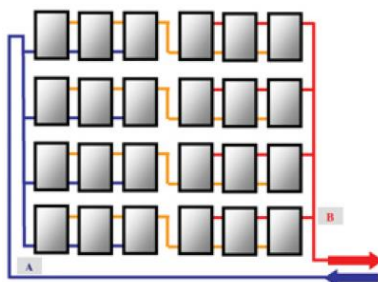


Figura 19- Conjunto de ligação em série, paralelo e paralelo de canais [15].

Uma vez instalados no hemisfério norte, a orientação ideal dos colectores solares é o sul geográfico (5° a oeste do sul magnético), todavia, por razões de construção, são aceites desvios até 20° para Este ou Oeste. Quanto à sua inclinação, esta deve-se situar entre os 35° e 55°, devendo estes valores ser ajustados em função da localização da instalação em causa.

### 2.3. Depósitos de Acumulação

A energia absorvida pelos painéis solares não pode ser controlada e raramente coincide com as necessidades de calor durante o dia, quer seja para AQS quer seja para aquecimento ou arrefecimento ambiente. Desta forma, é necessário armazenar o calor captado para ser utilizado quando necessário [5]. No caso de instalações com um elevado volume de água utilizado, recorrendo a depósitos de acumulação de maiores dimensões, maior poderá ser a quantidade de calor acumulado.

Existem duas geometrias para os depósitos de acumulação: de desenvolvimento horizontal e vertical. Os depósitos horizontais não facilitam a estratificação da água no seu interior, sendo esta uma solução de baixa eficiência térmica, com um baixo custo associado. Todavia, a opção por um depósito vertical permite aproveitar de forma correcta a estratificação da água, com uma alta eficiência térmica associada. Deste modo, a água quente menos densa junta-se no topo e a água fria mais densa na área inferior do tanque. Este efeito de estratificação é fundamental para o bom funcionamento do sistema solar.

De modo a criar esta condição, os depósitos de acumulação, como anteriormente mencionado, devem ter uma estrutura vertical, sendo a razão altura-diâmetro recomendada de no mínimo 2,5:1 [5]. Na figura 21 encontram-se esquematizados os dois tipos de geometrias associados aos depósitos de acumulação.

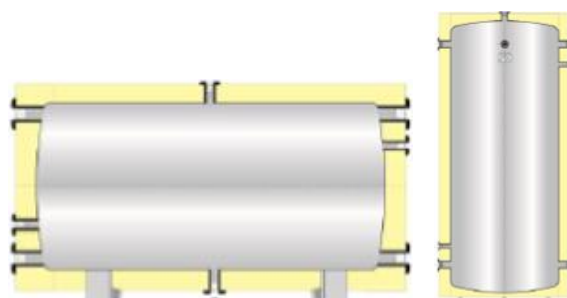


Figura 20- Depósitos de Acumulação de Geometria Horizontal e Vertical [16].

Relativamente aos materiais utilizados no fabrico dos depósitos de acumulação, estes podem ser o aço inoxidável, aço esmaltado, ou aço revestido em plástico. Os depósitos de acumulação de aço inoxidável são mais leves e com menores necessidades de acções de manutenção, todavia, são mais caros que os depósitos de aço esmaltado. O aço inoxidável, por sua vez, é mais sensível a águas com cloro e os depósitos em aço revestido de plástico são mais baratos, apresentando, todavia, problemas de corrosão.

Para que a adequabilidade e eficiência do depósito de acumulação seja garantida, deve-se instalar um bom isolamento térmico. Este deve estar bem ajustado ao tanque, de modo a que não haja perdas por convecção e deve ser fabricado em materiais sem CFCs e PVCs, por exemplo, fibra de vidro ou polietileno, com condutividades térmicas inferiores a 0,035 W/mK, geralmente é utilizada lã de rocha ou poliuretano [10]. A espessura do isolamento deve ser tanto maior quanto maior for a dimensão do depósito, e nunca inferior a 10 cm [5].

Tendo em conta que os depósitos de acumulação são locais propícios para o desenvolvimento de *Legionella*, deve-se, sempre que possível, adoptar um conjunto de medidas por forma a evitar a sua proliferação. Assim sendo, a instalação dos depósitos de acumulação deve ser efectuada em locais ventilados, que permitam manter a temperatura da água fria da rede a uma temperatura não superior a 20°C. No circuito primário, deve-se garantir uma perfeita ligação entre todos os equipamentos e componentes do sistema, garantindo-se assim estanquidade na circulação da água de consumo e recirculação. Tendo em conta as temperaturas de proliferação da *Legionella*, entre 20°C e 50°C, deve-se assim garantir que a água se encontra no depósito de acumulação com temperaturas iguais ou superiores a 60°C, de modo a eliminar todas as possíveis bactérias viáveis.

No circuito secundário a situação é diferente, dado que neste circuito a água circula com temperaturas da ordem dos 45°C, ou inferiores, que são temperaturas propícias ao desenvolvimento das bactérias. Neste circuito, a solução é elevar a temperatura da água a, pelo

menos, 70°C durante um período não inferior a 30 minutos [5]. Na tabela 2 é possível verificar-se a resistência da bactéria *Legionella* em função da temperatura.

Tabela 2- Resistência da *Legionella* à temperatura [5].

Temperatura [°C]	Estado
< 20	As bactérias vivem em estado vegetativo
$20 \leq T \leq 35$	As bactérias começam a reproduzir-se
$35 \leq T \leq 48$	Gama de temperaturas óptima para o desenvolvimento da bactéria
50	90% das bactérias morrem ao fim de 2 horas
60	90% das bactérias morrem ao fim de 2 minutos
70	As bactérias morrem instantaneamente

## 2.4. Bombas e Circuladores

Outro dos componentes constituintes de um sistema solar térmico, são as bombas circuladoras, sendo estas responsáveis por assegurar a circulação do fluido nos circuitos primário e secundário. Estas, devem ser dimensionadas de acordo com as perdas de carga globais dos circuitos, evitando sobre dimensionar o equipamento.

As bombas de circulação devem ser sempre instaladas garantindo que os rolamentos do motor sejam adequadamente lubrificados. Nas bombas usadas em sistemas solares térmicos, os empanques são geralmente lubrificados pela água do sistema, pelo que é de grande importância que a bomba esteja sempre devidamente purgada (isenta de ar). O empanque é um sistema composto por três peças: o estator, rotor e mola. Os motores eléctricos usados nestas bombas são normalmente do tipo fechado, com Índice de Protecção Mecânica IP 44, ou superior [5]. Na figura 22 encontra-se demonstrado um exemplo de uma bomba circuladora da *Grundfos*.



Figura 21- Exemplo de bomba circuladora [17].

Tal como anteriormente mencionado, nas bombas é necessário um especial cuidado com os fenómenos de cavitação, isto é, se a pressão absoluta no interior da bomba baixar, até atingir a pressão de vapor do líquido à temperatura de serviço, inicia-se um processo de vaporização do mesmo. Inicialmente, nas zonas mais rarefeitas da bomba, formam-se pequenas bolhas de vapor que são posteriormente arrastadas pela corrente líquida [18]. Quando a pressão da parte líquida se torna superior à pressão interna das bolhas preenchidas com vapor, estas reduzem o seu tamanho instantaneamente e colapsam. As partículas formadas pela condensação movimentam-se com uma velocidade elevada embatendo umas nas outras e nas superfícies das pás da bomba, danificando estes componentes a curto e médio prazo. Na figura 23 é possível verificar-se um exemplo de pás danificadas devido a fenómenos de cavitação.

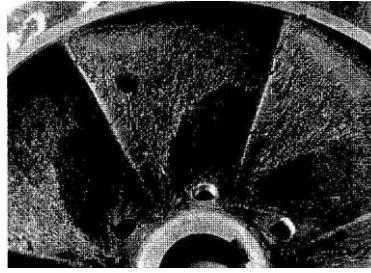


Figura 22- Orifícios devido a efeitos de cavitação [18].

## 2.5. Válvulas

As válvulas são componentes multifuncionais, obrigatoriamente presentes nos circuitos hidráulicos das instalações de energia solar térmica. No que toca ao tipo, estas podem ser classificadas em: válvulas actuadas por comando manual ou automático. Em seguida, cuida-se da classificação de alguns tipos de válvulas instaladas normalmente num sistema de energia solar térmica.

### 2.5.1. Válvulas de Corte

As válvulas de corte podem ser de comando manual ou de comando automático, conforme a finalidade a que se destinam, sendo, todavia, a sua principal função seccionar ou isolar determinada secção ou componente da instalação solar térmica. No seu funcionamento, as válvulas de corte estão completamente abertas ou totalmente fechadas, sendo deste modo essencial na sua selecção que estas produzam baixas perdas de carga quando abertas [17].

Tendo como base, os pressupostos anteriormente mencionados, as válvulas a serem usadas com esta função, são as válvulas de macho esférico e válvulas de borboleta, conforme representa o esquema constante na figura 24. No que toca às válvulas de macho esférico, estas são constituídas por uma esfera que desliza entre anéis retentores, que utilizam como vedantes elastómeros e polímeros, os quais permitem uma absoluta vedação. No caso das válvulas de borboleta, estas possuem o obturador em forma de disco, que gira em torno de um eixo disposto na vertical ou horizontal.

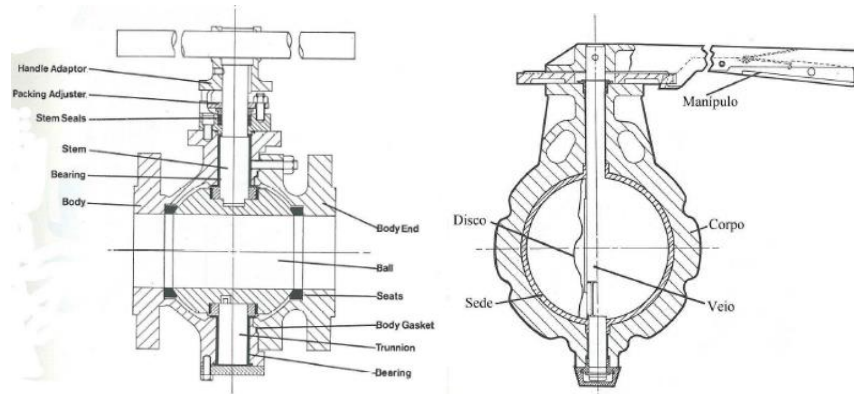


Figura 23- Esquemática em corte válvula de macho esférico e borboleta [18].

## 2.5.2. Válvulas de Segurança

As válvulas de segurança encontram-se divididas em três tipos: as válvulas redutoras de pressão, as válvulas antipoluição e ainda as mais conhecidas, as válvulas de alívio. Estas, destinam-se a proteger equipamentos, ou instalações completas, de sobrepressões acidentais resultantes do aumento elevado de temperatura ou pressão no interior do sistema.

As referidas válvulas possuem um obturador que está submetido à força de um conjunto de molas no lado superior, e à pressão da água no lado inferior. Quando a força na parte inferior do obturador, devida à pressão da água, ultrapassa a força devida às molas, o obturador abre, deixando escapar alguma água e, conseqüentemente, reduz a pressão no interior do sistema [5]. Refira-se que, de acordo com a Norma Europeia EN 12975, os sistemas de energia solar necessitam de estar equipados com uma válvula de segurança, com uma largura nominal mínima DN 15 (secção de entrada), possuindo sempre um certificado de calibração, sendo fornecidas pré-reguladas para valores entre 1,5 e 10 bar. Na figura 25 pode-se verificar a esquematização de uma válvula de segurança.

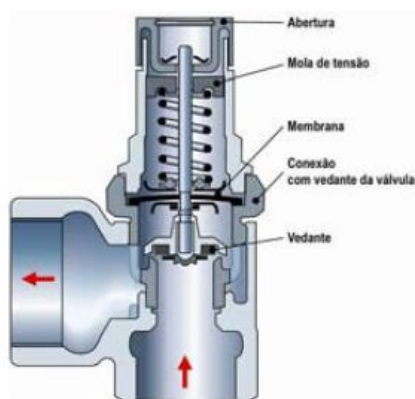


Figura 24- Esquematização da válvula de segurança [10].

## 2.5.3. Válvulas de Controlo

De entre os diferentes tipos de válvulas de controlo, os que têm aplicação corrente em sistemas solares térmicos são as válvulas misturadoras termostáticas. Tendo em conta as diferenças de temperatura da água quente armazenada para fins sanitários, entre os 60 °C e os 80 °C, e a temperatura da água quente posteriormente consumida, entre os 35 °C e os 50 °C, torna-se necessária uma correcção de temperatura, que é obtida por meio de válvulas misturadoras termostáticas.

A aplicação destas válvulas em sistemas solares térmicos, permite ainda o controlo da temperatura do sistema quando a instalação está parada, de modo a que este não sofra danos provocados por sobreaquecimento. As válvulas misturadoras devem resistir, ainda que por curtos períodos, a temperaturas até 90°C [5]. A figura 26 esquematiza uma válvula misturadora termostática

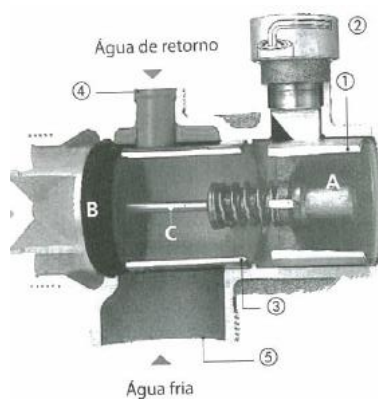


Figura 25- Esquematização da válvula misturadora [5].

A referida válvula possui três pontos de entrada e um de saída, sendo que a água quente proveniente do depósito de acumulação entra em (B), a água fria entra em (5) e a água proveniente do retorno, caso este exista, entra em (4). No interior da válvula existe um bolbo termostático (A) que faz mover o obturador, constituído pelas peças (B) e (1), de modo a que se consiga a temperatura desejada para a água. A temperatura da água de mistura é regulada directamente na cabeça termostática da válvula (2).

## 2.6. Vaso de Expansão

Num sistema de energia solar térmica, o vaso de expansão deve manter a pressão o mais estável possível no interior dos colectores solares, devendo para tal ser montado imediatamente a montante destes. A razão está no facto do fluido térmico estar mais frio à entrada do que à saída dos painéis. Este componente de um sistema de energia solar deve, simultaneamente, absorver as dilatações e as contracções da água no interior do sistema hidráulico.

Embora haja dois tipos de vasos de expansão, vasos abertos e vasos fechados, nos dias de hoje apenas se utilizam vasos fechados. Existem dois tipos de vasos fechados - vasos passivos e activos – sendo os últimos também conhecidos por estações de manutenção de pressão, que podem ser estações actuadas através de compressor de ar ou bomba de água. No entanto, no que diz respeito às instalações solares térmicas, tendo em conta os volumes de água contidos e a sua localização, geralmente apenas se usam os vasos passivos.

Todos os vasos de expansão possuem como componente base, um depósito em aço carbono, dentro do qual está montada uma membrana flexível que separa os dois meios, líquido e gasoso. Um dos meios, é a zona que recebe a água proveniente do sistema hidráulico, e o outro meio a zona que se encontra preenchida com gás. Este gás deve ser preferencialmente azoto, uma vez que sendo um gás inerte, protege o vaso de possíveis efeitos de corrosão na parede interna. Todavia, na maior parte dos casos é utilizado ar comprimido. Na figura 27 pode verificar-se o funcionamento de um vaso de expansão.

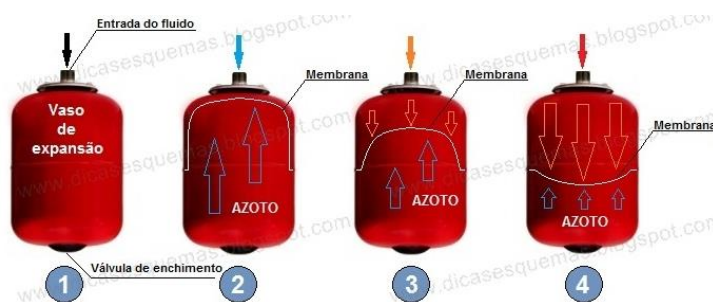


Figura 26- Funcionamento de Vaso de Expansão [10].

Tal como se pode verificar, no primeiro estágio de funcionamento do vaso de expansão aparece identificado o ponto de ligação do fluido na parte superior do equipamento. Já no segundo estágio do funcionamento, verifica-se a existência da membrana anteriormente mencionada, situando-se a mesma no topo do vaso, devido à pressão na zona de azoto. Quanto ao terceiro estágio, demonstra-se o comportamento da membrana do vaso de expansão, tendo em conta a pressão do fluido do circuito contra a pressão de carga do vaso de expansão. No último estágio do funcionamento, verifica-se o comportamento da membrana do vaso de expansão com o aumento da pressão do fluido do circuito, provocando, deste modo que a membrana desça ligeiramente, encontrando posteriormente um ponto de equilíbrio.

## 2.7. Purgador de Ar

Este componente, tem como principal objectivo drenar o ar existente no circuito solar, depois de preenchido com fluido de transferência térmica.

A inexistência de purgadores de ar numa instalação deste tipo, pode levar a que ocorram dois fenómenos. Um dos fenómenos é a existência de bolhas de ar no impulsor do circulador de água, provocando uma redução da coluna manométrica, com consequências ao nível do ponto de funcionamento ideal da bomba, que terá dificuldade em ser atingido, pelo que os painéis mais afastados da bomba não são atravessados pelo correcto caudal de fluido térmico. Por outro lado, pode ainda levar a que ocorra existência de bolhas de ar nas tubagens do sistema hidráulico, podendo deste modo reduzir significativamente a área de permuta e o coeficiente global de transmissão de calor no interior dos colectores solares, reduzindo assim a eficiência do sistema.

Existem dois tipos de purgadores: manuais e automáticos. Os purgadores manuais são geralmente montados directamente nos permutadores de calor e nos painéis solares, servindo para retirar as grandes bolsas de ar da parte superior destes componentes, após o arranque da instalação. Os purgadores automáticos devem ser montados exclusivamente nos pontos mais altos da instalação, com o objectivo de facilitar a rápida saída do ar acumulado nesses locais. Devem ainda ser resistentes ao aditivo anticongelante e a temperaturas superiores a 150°C [5]. Na figura 28, apresenta-se uma figura representativa desses componentes.

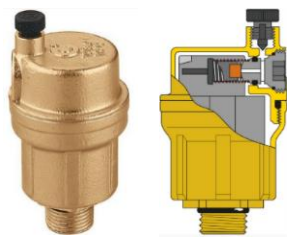


Figura 27- Esquemática de Purgador de Ar [10].

## 2.8. Permutadores de Calor

Os permutadores de calor de um sistema solar térmico, têm como função essencial, efectuar a permuta de energia entre o fluido solar existente num dos circuitos, aquecido pelo sol, e a água potável existente no outro circuito. Existem dois tipos de permutadores de calor: internos e externos. O tipo de permutador externo mais utilizado é o de placas, que permite uma maior troca de calor do que os de serpentina, para uma área idêntica. No entanto possuem a desvantagem de apresentarem maiores problemas com a ocorrência de sujidade no seu interior. Isto porque a sujidade, para além de reduzir as trocas de calor, reduz o caudal que atravessa o permutador e, em último caso, pode levar à sua colmatação [5].

Quanto aos permutadores internos, é importante destacar o facto de que devem ser instalados de modo a promover o efeito de estratificação térmica nos depósitos de armazenamento, para além de que as ligações ao circuito solar devem ser realizadas de modo a que o fluxo permutado seja de cima para baixo, otimizando assim a transferência de calor. Na figura 33 encontram-se esquematizados os dois tipos de permutadores anteriormente referidos.

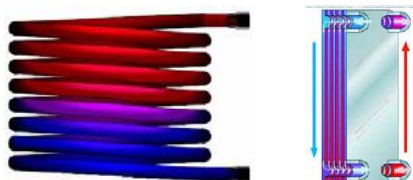


Figura 28- Esquemática de permutador de calor interno e externo [10].

Outras vantagens inerentes à utilização dos permutadores de calor externos são a sua maior capacidade de transferência de calor e a possibilidade de um único permutador poder servir vários tanques de armazenamento. Quanto às suas desvantagens, estes permutadores de calor são mais caros do que os permutadores internos, exigindo ainda a necessidade da instalação de uma bomba adicional no circuito secundário do permutador de calor.

## 2.9. Tubagem

As tubagens de um sistema solar térmico têm com principal função, transportar o fluido térmico no interior da instalação. Os materiais geralmente utilizados na rede de um sistema solar térmico, são tubagens de cobre soldadas através de brasagem e a escolha de este material resulta

da sua vantagem económica, consequência de proporcionarem uma menor perda de carga do sistema, dado disporem de paredes lisas, reduzindo assim a energia necessária para efectuar a circulação do fluido. O cobre resiste à corrosão, tanto provocada pelos líquidos que circulam no seu interior, como dos agentes exteriores. A sua maleabilidade e ductilidade permitem uma cómoda manipulação e uma grande facilidade para realizar traçados complicados [10].

Uma rede de tubagem em cobre, para os pequenos diâmetros que são normalmente aplicados nas instalações solares térmicas, é sempre mais fácil de montar do que uma rede de tubagem em aço inox, por exemplo, não obstante este tipo de material apresentar uma boa resistência à corrosão e possuir uma perda de carga bastante baixa. O factor peso também é importante, considerando que as instalações de painéis solares são geralmente executadas sobre as coberturas dos edifícios, pelo que, também neste caso o cobre tem vantagem em relação a outros materiais. A principal desvantagem com a utilização do cobre recai no facto de este material ter alto coeficiente de dilatação, pelo que exige a utilização de uma grande quantidade de juntas de dilatação. A figura 30 esquematiza uma junta de dilatação do tipo “lira” quando se encontra no seu estado de repouso, à temperatura ambiente, e quando dilatada.



Figura 29- Esquemática de junta de dilatação tipo "lira" [5].

O isolamento das tubagens deve ter uma baixa condutividade térmica, de modo a garantir uma eficiência elevada. O isolamento deve ser aplicado sem falhas ou zonas não cobertas. Quer isto dizer que os acessórios, tais como válvulas e ligações aos tanques de armazenamento devem estar totalmente cobertos. Nos circuitos solares deve usar-se um material de isolamento resistente a temperaturas elevadas e, bem como resistente às radiações ultra violetas, no caso de tubagens externas.

## 2.10. Controlador Diferencial

A instalação solar necessita de controlo em diferentes pontos do sistema. Este controlo é obtido pelo controlador diferencial, que é uma unidade de configuração electrónica, que irá controlar a bomba de circulação solar. Nesse sentido, o controlador diferencial inicia a circulação de fluido solar quando a diferença de temperatura entre a saída do último colectador e a entrada no depósito de acumulação é superior a um determinado valor, podendo accionar o sistema de apoio, quando o sistema solar não é capaz de satisfazer a carga.

Todos os cabos e sensores do sistema de controlo diferencial devem estar preparados para resistir a danos físicos e temperaturas extremas, pois uma leitura incorrecta ou um curto-circuito poderão colocar em causa todo o funcionamento da instalação solar. A figura 31 é exemplifica um controlador diferencial.



Figura 30- Exemplo de um Controlador Diferencial [19].

## 2.11. Fluido de Transferência Térmica

O fluido de transferência térmica é o líquido que circula no interior dos painéis solares que, independentemente do tipo de colector utilizado, é responsável por transportar a energia colectada a partir do sol, que se pretende transferir para a água que se pretende aquecer, no interior do depósito de acumulação. Normalmente a água é o fluido térmico mais bem adaptado ao transporte de energia neste tipo de instalações, dado possuir um elevado calor específico a volume constante<sup>4</sup> e ser um fluido barato. Outras vantagens com a utilização deste fluido, são a baixa viscosidade e a elevada condutividade térmica, para além de não existirem riscos de toxicidade, em caso de derrame [5].

Na maioria das instalações é utilizada uma mistura de água com um produto anticongelante. O uso deste produto permite garantir que, por exemplo numa situação em que o painel solar está submetido a temperaturas negativas, o fluido térmico não muda de estado, evitando-se deste modo a sua solidificação. No entanto, a mistura anticongelante tem algumas desvantagens em relação à água, tais como, o coeficiente de expansão ser superior, conduzindo a um maior volume do vaso de expansão, a viscosidade ser mais elevada, levando a maiores perdas de carga no sistema e, ainda, o facto de a mistura não ser estável, degradando-se a temperaturas elevadas, perdendo deste modo a sua eficácia. No entanto, é normalmente assumido que as vantagens superam consideravelmente os inconvenientes.

## 2.12. Legislação Associada

### 2.12.1. Directiva CNQ 23/93

As preocupações expressas no Conselho Nacional de Qualidade, quanto à necessidade de se intervir para o incremento da qualidade nos serviços, levaram à elaboração de algumas disposições tendentes a melhorar as condições hígiosanitárias, de segurança, de implantação e localização, do tratamento de água e das disposições técnicas e funcionais das piscinas e dos

---

<sup>4</sup> A água tem um calor específico volúmico de  $4112 \text{ KJ/m}^3 \cdot \text{K}$  a  $T=60^\circ\text{C}$ ,  $p=1,5 \text{ bar}$ .

estabelecimentos dedicados a actividades recreativas aquáticas correlacionadas, de uso público[20]. As referidas preocupações contempladas na directiva, são recomendações fundamentais para o bom funcionamento das piscinas, não sendo, todavia, a directiva aplicada às piscinas de uso familiar ou para uso de condomínios.

Ao longo dos capítulos constantes na directiva, são mencionadas algumas disposições técnicas e gerais relativas à localização e implantação, concepção e organização funcional, lotação, serviços anexos, condições de segurança nos tanques, escadas e acessos aos tanques, requisitos de qualidade e tratamento da água, requisitos térmicos, ventilação, iluminação e acústica, aos requisitos de pessoal e funcionamento.

Ao longo da Directiva CNQ 23/93, são descritos alguns valores de requisitos de conforto termo-higrométrico para o bom funcionamento de uma piscina coberta, como se pode verificar na tabela 3. Estes requisitos serão respeitados e observados ao longo deste trabalho.

*Tabela 3- Requisitos de Conforto Termo-Higrométrico [20].*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Temperatura Água Tanque Polifuncional	26°C a 28°C
Humidade Relativa do Ar	55% a 75%
Velocidade do Ar Insuflado	Inferior a 0,2 m/s

Posteriormente, a 25 de Julho de 2008, o Comité Europeu de Normalização aprovou a Norma Europeia EN 15288 “*swimming pools*”, com o objectivo de substituir a directiva CNQ 23/93. Contudo, tendo em conta as insuficiências existentes na NP EN 15288, a directiva CNQ 23/93 continua a ser aplicada.

### **2.12.2. Decreto Regulamentar n.º 5/97**

Este Decreto publica o regulamento das condições técnicas e de segurança dos recintos com diversões aquáticas, para limitar os riscos de ocorrência de acidentes, facilitar a evacuação dos ocupantes e sinistrados, e ainda proporcionar a intervenção de meios de socorro.

Ao longo dos seus vários capítulos, o referido Decreto define a caracterização dos espaços das actividades aquáticas, com as condições técnicas de uso, os parâmetros do controlo sanitário da água e ainda os requisitos das instalações de filtração de água. No anexo I “Classificação e caracterização dos espaços de actividades aquáticas”, constante do artigo 4.º do Decreto Regulamentar n.º 5/97 é possível verificar a inclusão da piscina em estudo, tendo em conta que se encontram incluídas piscinas polivalentes, partindo estas, de uma concepção para actividades tradicionais, combinam características de diferentes tipos, que as permite adaptar a diferentes categorias de utentes e de actividades.

### **2.12.3. Decreto-Lei n.º 306/2007**

Tal como anteriormente referido relativamente à directiva CNQ 23/93, a água existente nas piscinas deve ser potável, com os seus requisitos de qualidade cumpridos, e devidamente tratada. Nesse sentido, este decreto-lei estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei n.º243/2001, de 5 de Setembro, que transpôs para o ordenamento jurídico interno a Directiva n.º98/83/CE, do Conselho de 3 de Novembro, tendo por objectivo proteger a saúde humana, dos efeitos nocivos resultantes da

eventual contaminação dessa água, assegurar a disponibilização, tendencialmente, universal de água salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição. Ao longo do Decreto – Lei n.º 306/2007 são definidos alguns parâmetros a ter em conta, tais como as normas e obrigações de qualidade da água.

#### **2.12.4. Norma Portuguesa 4448/2007**

A Norma Portuguesa 4448/2007 apresenta, no seu conteúdo, recomendações relativas à concepção, instalação e operação de instalações solares térmicas para piscinas, nomeadamente instalações de aquecimento solar directo com circulação de água da piscina nos colectores solares. Contudo, a norma não apresenta recomendações quanto aos aspectos relacionados com a segurança eléctrica das instalações, bem como quanto aos equipamentos de filtração, aos quais as instalações solares térmicas estão frequentemente ligadas.

À medida que se consulta a Norma NP 4448/2007, é possível verificar-se um conjunto de definições e características relativas aos colectores solares, quanto aos tipos existentes, posicionamento em relação ao sol, dimensões e materiais a utilizar. São ainda definidas algumas características relacionadas com a hidráulica da instalação, controlo e instrumentação, tubagem e concepção da instalação. Os anexos A e B da referente Norma regulam todos os pormenores relacionados com o cálculo de cargas térmicas para o aquecimento.

#### **2.12.5. Circular Normativa n.º 14/DA**

A 21 de Agosto de 2009, foi publicada a Circular Normativa n.º 14 da Divisão de Saúde Ambiental, tendo em conta a elevada procura de piscinas para a prática de exercício físico. Esta publicação, surge com a necessidade de responder a diversas questões, relativamente à sua qualidade, características estruturais e às condições de funcionamento das piscinas [21].

Assim, a referida Circular Normativa, tem como principais objectivos, uniformizar procedimentos relativos à vigilância sanitária de piscinas, a adoptar pelos serviços de saúde pública, apresentando esquematicamente as várias acções a empreender no âmbito desse programa e ainda indicar os parâmetros microbiológicos e físico-químicos a analisar, os valores de referência máximos e as técnicas de amostragem no âmbito das acções de monitorização da qualidade da água da piscina e do ar, quando necessário.

No programa de vigilância sanitária, encontram-se abrangidas as piscinas de Tipo 1, sendo estas piscinas públicas, tais como as piscinas municipais, pertencentes a corporações ou entidades de carácter público. Encontram-se, ainda abrangidas as piscinas de Tipo 2, as semi-públicas, tais como as piscinas de hotéis, condomínios, escolas ou de uso terapêutico. Já, as piscinas do Tipo 3 não devem ser incluídas no presente programa, uma vez que, são de uso exclusivamente familiar, destinando-se a um número reduzido de utilizadores.

### **3. Caso de Estudo**

A infraestrutura em estudo, a Piscina Municipal do Alvito, encontra-se localizada na Freguesia de Alcântara, em Lisboa. Contando com 506892 habitantes, Lisboa é a cidade mais populosa de Portugal, tendo uma área de 100,05 km<sup>2</sup>, localizada na margem direita do estuário do Tejo, é a capital mais ocidental da Europa. Lisboa conta com 24 freguesias agrupadas, sendo estas Ajuda, Alcântara, Alvalade, Areeiro, Arroios, Avenidas Novas, Beato, Belém, Benfica, Campo de Ourique, Campolide, Carnide, Estrela, Lumiar, Marvila, Misericórdia, Olivais, Parque das

Nações, Penha de França, Santa Clara, Santa Maria Maior, Santo António, São Domingos de Benfica e ainda São Vicente [22].

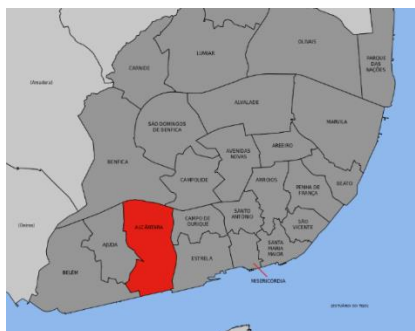


Figura 31- Localização da Freguesia de Alcântara no Concelho de Lisboa [22].

A freguesia de Alcântara pertencente ao concelho de Lisboa, estando localizada na zona ocidental da capital Portuguesa, com cerca de 14000 habitantes e 5,07 km<sup>2</sup> de área. [23] Alcântara integra em quase metade do seu território uma mancha verde, sendo esta pertencente ao Parque Florestal de Monsanto e à Tapada da Ajuda. Localizando-se no Concelho de Lisboa, foi fundada em 1770, tendo Davide Amado como o seu actual presidente de junta. Na figura 33 é possível verificar a localização da Piscina Municipal do Alvito.



Figura 32 Localização da Piscina Municipal do Alvito.

No edifício onde se pretende incidir o estudo, desenvolve-se a prática de alguns desportos aquáticos, tais como aulas de natação, hidroginástica e ainda cursos de mergulho. Este complexo de piscinas foi inaugurado em 2009 e, desde então, tem sido utilizado por diversas entidades para a realização das suas actividades desportivas, muita delas da Freguesia de Alcântara, tais como o Centro de Formação Desportiva, as escolas Francisco Arruda, Santo Amaro, Raúl Lino e Ave-Maria, como ainda diversas instituições como a APPACDM, Crinabel, Centro Paroquial da Ajuda, Nautilus – Mergulho e Universidade Lusíada [24]. Considerando o aumento anual do número de inscritos na Piscina Municipal do Alvito, é justificável um investimento num sistema solar térmico, de modo a fazer face aos elevados custos energéticos em combustíveis fósseis, reduzindo-se significativamente deste modo a factura no final do mês e as emissões de gases poluentes para a atmosfera.

A Piscina Municipal do Alvito tem ao seu dispor dois tanques, sendo um de aprendizagem com 3 pistas, 12,5 metros de comprimento por 8 metros de largura, com uma profundidade 0,8 metros, correspondendo a um volume de água de 80 m<sup>3</sup> e um plano de água de 100 m<sup>2</sup>. O outro é o tanque principal, com 6 pistas, 25 metros de comprimento por 12,5 metros de largura, com uma

profundidade média de 1,5 metros, correspondendo a um volume de água de 468,8 m<sup>3</sup> e um plano de água de 312,5 m<sup>2</sup>, conforme se pode verificar na figura 34.

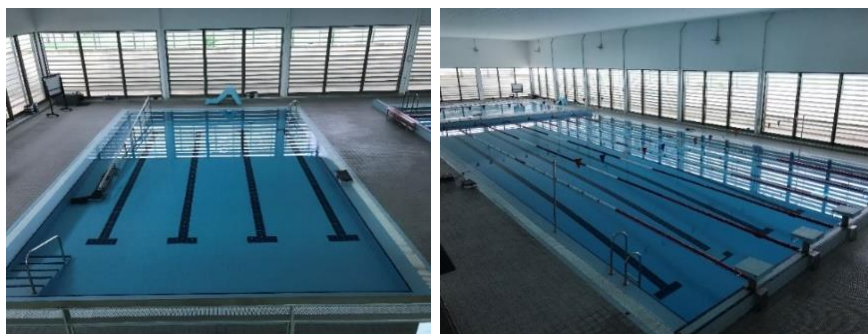


Figura 33 - Tanque de Aprendizagem e Principal da Piscina Municipal do Alvito.

Por forma a caracterizar pormenorizadamente cada espaço existente no edifício da Piscina Municipal do Alvito, nas figuras 35, 36 e 37 encontram-se indicados todos os diferentes espaços da piscina. Conforme se pode verificar na figura 35, o piso -1 é caracterizado pela existência de um parque de estacionamento de 1358 m<sup>2</sup>, uma entrada pelo lado nascente, balneários dos funcionários, posto de transformação de energia eléctrica, sala das máquinas, onde se encontram duas caldeiras a gás natural e ainda a sala, onde estão localizados os equipamentos responsáveis pela manutenção e climatização da piscina, tais como filtros, depósitos de acumulação, permutadores de calor, bombas, bem como os tanques de compensação da piscina principal, com 25,60 m<sup>2</sup>, e o do tanque de aprendizagem, com 8,45 m<sup>2</sup>. Os tanques de compensação anteriormente referidos, cumprem o estipulado, no Decreto Regulamentar n.º 5/97, no que toca à qualidade da água de alimentação, que deverá ser potável, proveniente de uma rede pública de abastecimento. Encontram-se ainda neste piso -1 as duas UTA's responsáveis pela climatização da nave da piscina.

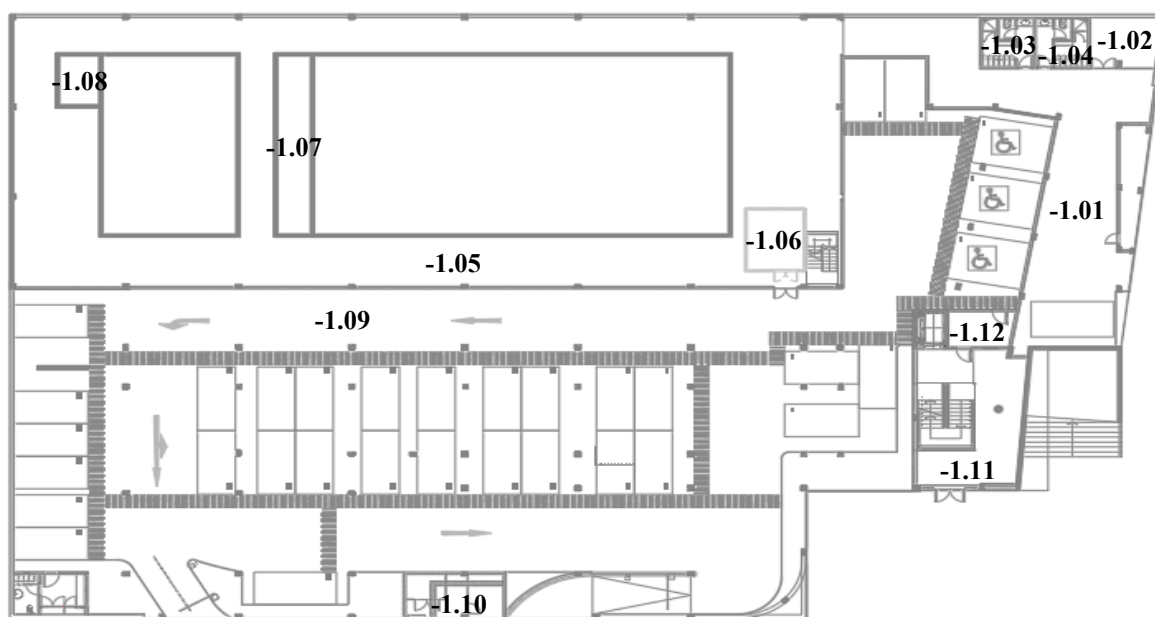


Figura 34- Planta Piso -1 Piscina Municipal do Alvito.

Tabela 4- Caracterização Piso -I Piscina Municipal do Alvito.

Local	Descrição	Área (m <sup>2</sup> )
-1.01	Zona de Arrumos	167,00
-1.02	Armazenamento de Produtos Químicos	14,60
-1.03	Balneário Masculino Funcionários	10,15
-1.04	Balneário Feminino Funcionários	10,15
-1.05	Sala de Máquinas	454,70
-1.06	Sala Caldeiras	14,28
-1.07	Tanque de Compensação Piscina 1	25,60
-1.08	Tanque de Compensação Piscina 2	8,45
-1.09	Estacionamento	1358,12
-1.10	Posto de Transformação	18,40
-1.11	Átrio de Entrada	60,40
-1.12	Corredor de Circulação	9,80

O piso 0, como se pode verificar na figura 36, é caracterizado pela existência dos dois tanques, um principal com 312,5 m<sup>2</sup> e ainda o tanque de aprendizagem com 100 m<sup>2</sup>. Segundo o Decreto Regulamentar n.º 5/97, os elementos usados na construção dos tanques não devem conter saliências ou arestas vivas, o que é cumprido neste edifício. Em redor dos dois tanques é possível verificar-se a existência de um cais com 473,65 m<sup>2</sup>, pavimentado numa faixa não inferior a 2 m de largura, contados a partir dos bordos dos tanques, com material impermeável, antiderrapante, permitindo uma fácil limpeza, apresentando ainda uma ligeira pendente para o lado contrário ao tanque. Partilhando o acesso ao cais da piscina, encontram-se os balneários e vestiários masculinos e femininos, com um total de 133,99 m<sup>2</sup> e 139,35 m<sup>2</sup>, conforme estipulado no Decreto Regulamentar n.º 5/97, os vestiários, balneários e sanitários são distintos por sexos e permitem a utilização por cidadãos com deficiência, idosos e crianças. Em caso de alguma emergência e se for necessário prestar os primeiros socorros a algum banhista, no piso 0, também existe a sala de primeiros socorros com 13,90 m<sup>2</sup>, conforme indicado no atrás referido Decreto.

Na entrada do edifício, encontra-se a área de recepção aos utilizadores da piscina, tendo a mesma 12,50 m<sup>2</sup>. No Decreto Regulamentar, é referido ainda que os recintos devem ter uma dependência adequada para controlo do acesso e saída dos utilizadores, e que controle a lotação máxima no interior do cais, sendo esta lotação controlada por meios mecânicos ou electrónicos.

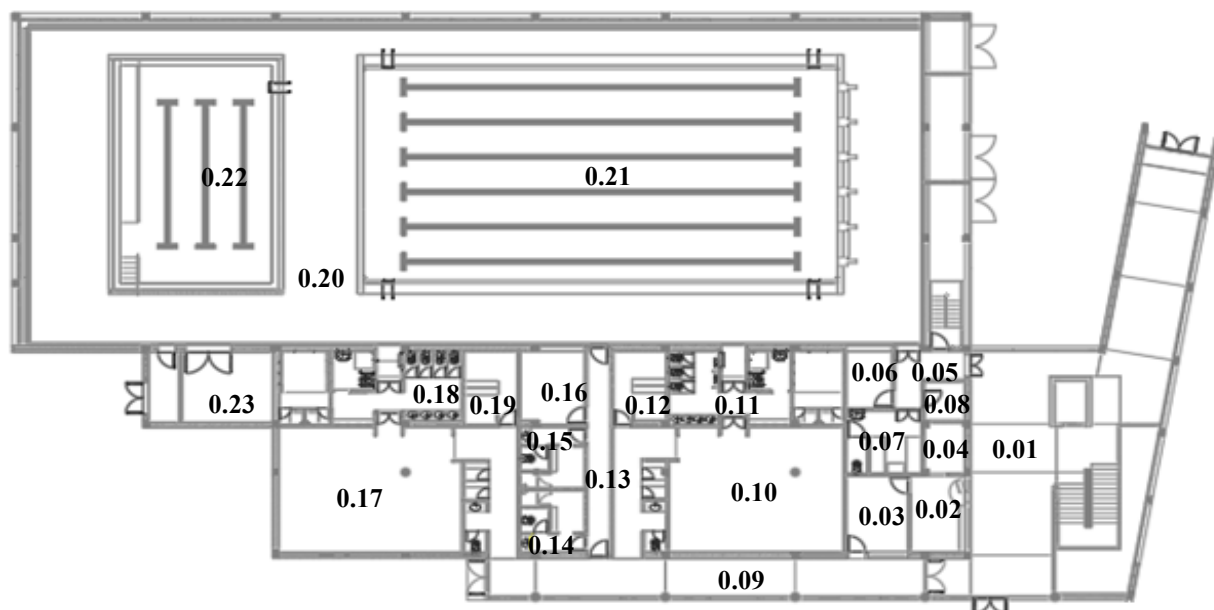


Figura 35- Planta Piso 0 Piscina Municipal do Alvito.

Tabela 5- Caracterização Piso 0 Piscina Municipal do Alvito.

Local	Descrição	Área (m <sup>2</sup> )
0.01	Átrio de Entrada	138,00
0.02	Recepção	12,50
0.03	Sala de Reuniões	14,10
0.04	Sala de Computadores	6,10
0.05	Circulação	8,25
0.06	Gabinete Professores	8,00
0.07	Sala Primeiros Socorros	13,90
0.08	Arrumos	4,70
0.09	Corredor Balneários	49,15
0.10	Vestiário Masculino	86,34
0.11	Balneário Masculino	36,35
0.12	Vestiário Masculino	11,30
0.13	Circulação Monitores	14,30
0.14	Balneário Monitores Masculino	11,30
0.15	Balneário Monitores Feminino	11,30
0.16	Sala Monitores	13,95
0.17	Vestiário Feminino	90,50
0.18	Balneário Feminino	37,10
0.19	Vestiário Feminino	11,75
0.20	Cais	473,65
0.21	Tanque Principal	312,50
0.22	Tanque Aprendizagem	100,00
0.23	Grupo de Emergência	14,75

No piso 1 existe uma bancada para o público, com 174 m<sup>2</sup> e uma sala de ginásio com 104,65 m<sup>2</sup>. Neste piso situa-se o gabinete do director da Piscina Municipal do Alvito, o qual tem um papel fundamental no funcionamento da instalação. De acordo com o Decreto Regulamentar em análise, O director do empreendimento é o responsável pela ordem e correcto funcionamento de todas as actividades, bem como pelo cumprimento das disposições regulamentares estabelecidas para a exploração.

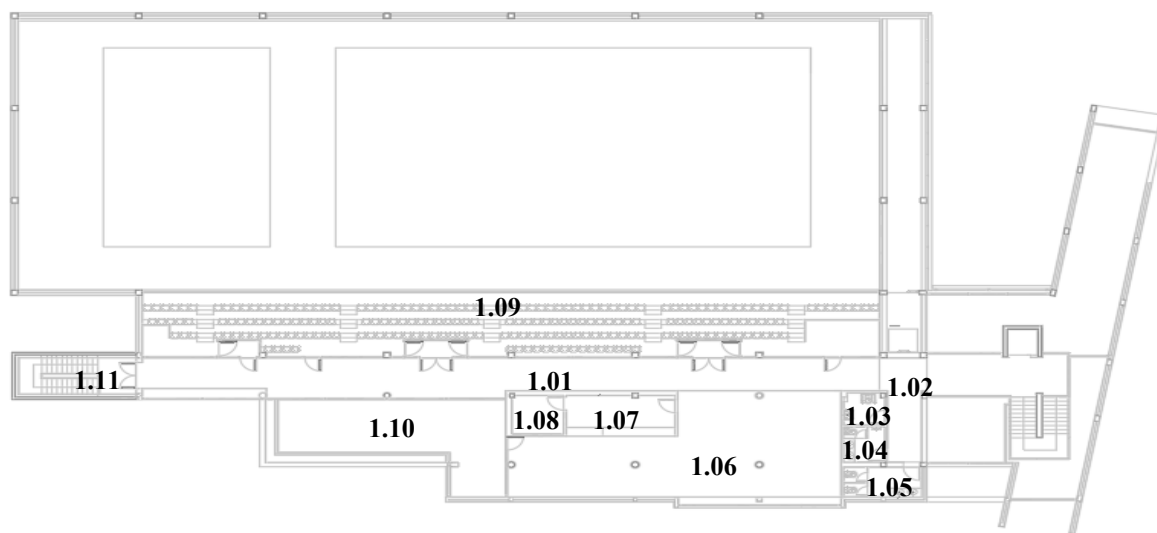


Figura 36- Planta Piso 1 Piscina Municipal do Alvito.

Tabela 6- Caracterização Piso 1 Piscina Municipal do Alvito.

Local	Descrição	Área (m <sup>2</sup> )
1.01	Corredor Acesso ao Público	130,75
1.02	Corredor Acesso I.S Público	5,90
1.03	I.S Deficientes Público	6,15
1.04	I.S Feminino Público	7,50
1.05	I.S Masculino Público	8,80
1.06	Sala Ginásio	104,65
1.07	Arrumos	17,60
1.08	Apoio Ginásio	7,95
1.09	Bancada Público	174,75
1.10	Átrio Exterior	54,80
1.11	Escada De Emergência	19,10

### 3.1. Lotação

De modo a conhecer qual a lotação existente na Piscina Municipal do Alvito ao longo de todos os dias do ano, foram entrevistados alguns dos seus funcionários. A piscina tem utilizadores regulares, provenientes de escolas e instituições existentes na Freguesia, utilizadores inscritos, que pagam a sua conta mensal e, ainda, utilizadores esporádicos. Ao longo da semana, várias instituições e escolas utilizam a piscina em horários previamente estipulados.

A figura 38 define o número de banhistas que utilizam a Piscina Municipal do Alvito ao longo do ano. Neste mesmo gráfico, é possível verificar-se uma significativa redução do número de banhistas provenientes de instituições nos meses de Julho e Setembro, redução essa justificável pelo período de férias escolares. Verifica-se uma relação média de 66% / 34% entre os utilizadores comuns e os utilizadores provenientes de Instituições.

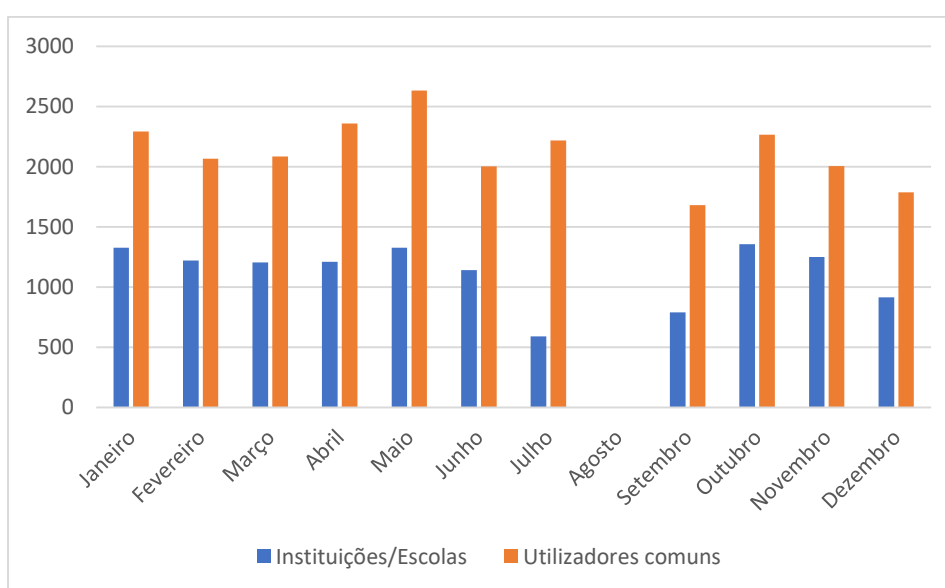


Figura 37- Número de Banhistas mensal na Piscina Municipal do Alvito.

Após algumas reuniões tidas com os funcionários da Piscina Municipal do Alvito, ao longo do ano de 2019, foi possível conhecer o número de banhistas que utilizaram as instalações entre meses de Janeiro e Dezembro de 2019. Tal como se pode verificar na tabela 7, durante o mês de Agosto e na primeira semana de Setembro, a Piscina esteve encerrada para algumas intervenções de manutenção, pelo que não teve qualquer utilização. O número médio de banhistas ao longo dos meses foi de 3267, o dia com mais banhistas foi 9 de Maio, tendo sido atingido o valor de 184 banhistas. Pelo contrário, o dia com menos utilizadores na Piscina Municipal do Alvito foi 28 de Dezembro, com apenas 64 banhistas.

Tabela 7- Número de banhistas na Piscina Municipal do Alvito em 2019

DIA	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1		144	141	143		104	112	0		144		
2	116	92	108	170	176		92	0	0	174	88	155
3	164			141	144	136	94	0	0	153		153
4	153	145	142	167	115	154	104		0	135	139	119
5	83	148		148		146	98	0	0		153	140
6		124		96	149	144	93	0	0		146	149
7	153	137	148		167	153		0	0	143	136	84
8	161	144	156	156	148	99	118	0		158	149	
9	124	89	133	163	184		108	0	113	127	83	148
10	182			140	164		135	0	110	144		167
11	156	140	144	144	94	164	87		118	163	134	119
12	104	170	149	183		146	100	0	116	99	157	153
13		144	150	115	143	149	96	0	103		124	165
14	174	177	151		168	151		0	86	142	148	82
15	152	141	160	164	165	95	122			140	166	
16	121	90	96	154	170		103	0	154	133	84	135
17	170			147	154	138	107	0	153	159		133
18	163	144	146	152	98	135	100		120	133	132	124
19	109	145	151			137	104	0	144	95	157	122
20		119	139	109	179		108	0	171		131	129
21	127	147	177		159	144		0	110	139	152	105
22	164	155	142	162	177	107	122	0		154	131	
23	129	99	98	155	162		98	0	135	148	73	73
24	144			166	156	135	114	0	153	148		75
25	170	139	170		105	153	109		133	150	128	
26	86	155	159	168		142	97	0	180	87	145	74
27		147	149	111	144	171	78	0	142		137	69
28	124	150	153		179	146		0	95	136	163	64
29	140		151	166	138	92	107	0		151	139	
30	136		92	149	148		98	0	134	125	85	
31	161				171		104	0		139		
<b>TOTAL</b>	<b>3666</b>	<b>3285</b>	<b>3405</b>	<b>3569</b>	<b>3957</b>	<b>3141</b>	<b>2808</b>	<b>0</b>	<b>2470</b>	<b>3619</b>	<b>3280</b>	<b>2737</b>

Segundo a directiva CNQ 23/93, a lotação máxima instantânea numa piscina deve corresponder a 1 banhista por cada 2 m<sup>2</sup> de plano água, correspondendo a 206 banhistas. A lotação máxima diária não deve ultrapassar quatro vezes a lotação máxima instantânea, ou seja, 824 banhistas. Quanto à lotação de serviço, a directiva refere que o número médio de banhistas por

hora, multiplicado pelo número de horas de funcionamento diário, não deve ser superior ao valor definido para a lotação máxima diária, correspondendo a 59 banhistas. O valor obtido está de acordo com o estipulado pela directiva CNQ 23/93.

### 3.2. Consumos e Custos de Gás Natural e Água

Tal como atrás referido, um dos principais objectivos desta dissertação passou por analisar os consumos de gás natural e água e consequentes custos, na exploração da Piscina Municipal do Alvito, por forma a enquadrar a viabilidade de uma possível implementação de energia solar térmica, para aquecimento de AQS. Nesse sentido, a Junta de Freguesia de Alcântara disponibilizou, para análise, as facturas mensais referentes aos consumos de gás natural e água correspondentes ao ano de 2019. No anexo 1 encontram-se todos os valores referentes aos consumos e custos de gás natural e água nesse período. Saliente-se que os dados mais antigos, referentes aos anos de 2017 e 2018, não podem ser considerados, porque, nesse período, existiu uma rotura nas tubagens da Piscina Municipal do Alvito, pelo que os consumos, tanto de água, como de gás natural, foram significativamente superiores aos actuais.

Na figura 39, encontra-se esquematizado o consumo mensal de gás natural no decorrer do ano de 2019. Como se pode verificar, este consumo tem um valor máximo de 158721kWh no mês de Janeiro, e um mínimo de 803kWh no mês de Agosto (sem significado, dado que a piscina esteve encerrada para manutenção neste mês).

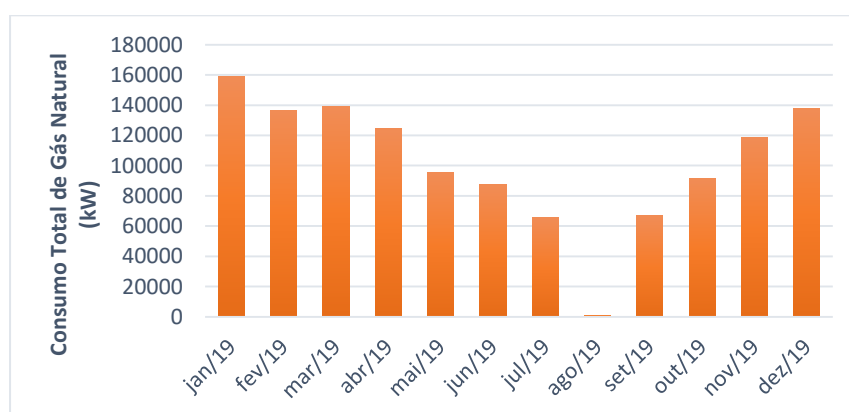


Figura 38- Consumo de Gás Natural na Piscina Municipal do Alvito no ano de 2019.

Tal como efectuado para o consumo de gás natural, também se procedeu à análise do consumo de água no decorrer do ano de 2019 na piscina. Na figura 40 é possível verificar-se este consumo mensal, tendo por valor máximo 1299,25 m<sup>3</sup>, correspondente ao mês de Setembro. Contudo, este valor não pode ser tido em conta na sua totalidade, uma vez que, como anteriormente mencionado, a piscina esteve encerrada durante o mês de Agosto, procedendo-se ao esvaziamento dos tanques, levando a que, no mês de Setembro, com o novo enchimento dos tanques, se observe um elevado consumo de água.

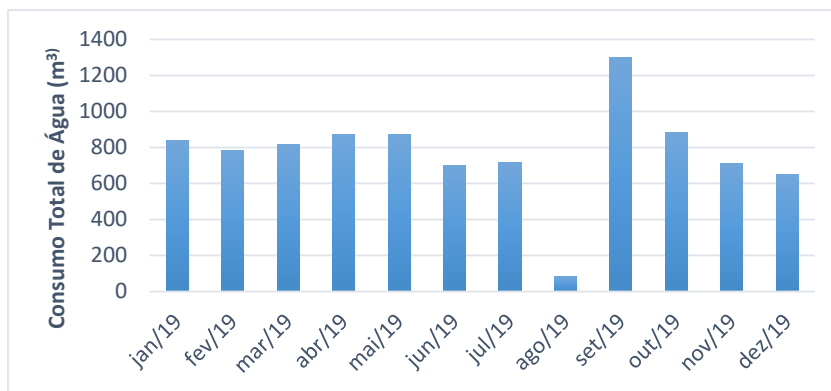


Figura 39-Consumo de Água na Piscina Municipal do Alvito no ano de 2019.

De acordo com a figura 41, o custo mensal de gás natural é significativamente superior ao custo mensal associado ao consumo de água, com a exceção do mês de Agosto, mês em que a piscina esteve fechada, de modo a proceder ao esvaziamento da piscina, por forma a serem efectuadas algumas ações de manutenção e renovação total da água. Deste modo, os custos mensais relativos ao consumo de água e gás natural aproximaram-se significativamente nesse mês. Após análise da figura 40, é ainda evidente a redução dos custos associados ao consumo de gás natural nos meses mais quentes, estando inteiramente ligada à diminuição das necessidades de aquecimento da piscina e AQS. No ano de 2019, os custos totais referentes ao consumo de gás natural e de água, na Piscina Municipal do Alvito, foram respectivamente de 75.036,08€ e de 14.907,06€ (com IVA incluído).

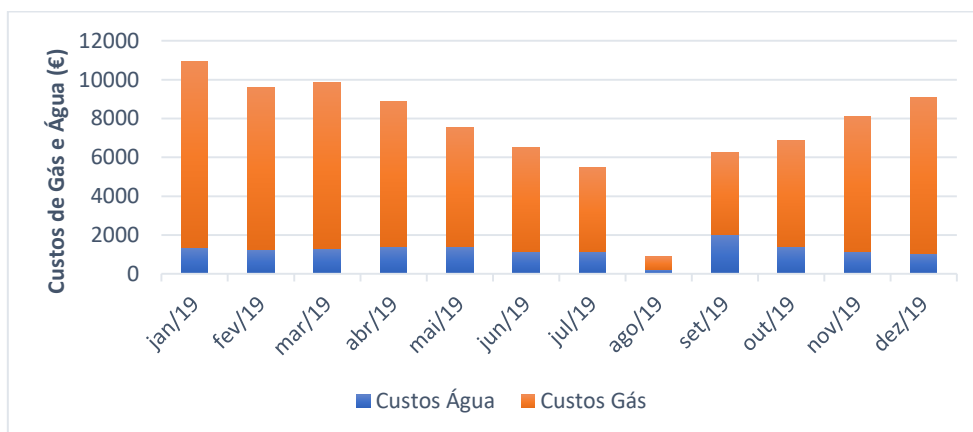


Figura 40- Custo mensal de gás e água na Piscina Municipal do Alvito.

### 3.3. Perdas Caloríficas

Considerando que as instalações desportivas com piscinas cobertas são equipamentos extremamente dispendiosos para as autarquias, foi também um dos principais objectivos desta dissertação definir quais os tipos de perdas caloríficas mais relevantes no interior de uma piscina coberta, com o auxílio das normas e legislação anteriormente referidas. Na figura 42 encontram-se esquematizados os tipos de perdas e ganhos associados às piscinas cobertas.

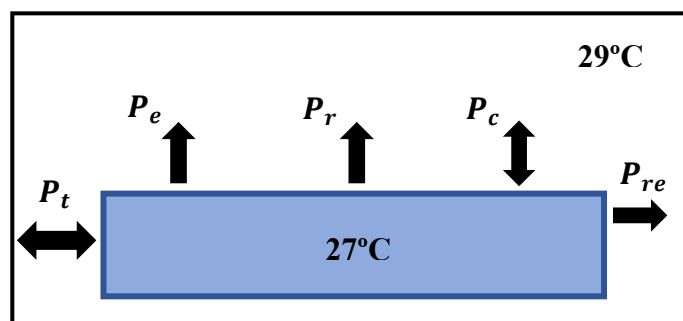


Figura 41- Tipos de perdas caloríficas associadas a piscinas cobertas.

As perdas caloríficas por evaporação, ( $P_e$ ), são as que representam maior percentagem de perdas energéticas, tal como se irá verificar nos cálculos em seguida. Estas podem ser significativamente reduzidas através da introdução de uma cobertura no plano de água. Posteriormente as perdas por radiação solar, ( $P_r$ ), também na mesma ordem de ideias das perdas por evaporação podem ser reduzidas através uma cobertura no plano de água. Também devem ser contabilizadas as perdas por renovação e compensação de água ( $P_{re}$ ).

Por outro lado, as perdas por convecção ( $P_c$ ), e as perdas associadas à transmissão de calor entre a água e a envolvente ( $P_t$ ), podem ser desprezáveis, como será descrito em seguida.

### 3.3.1. Perdas por Renovação de Água

De acordo com o referido no Decreto Regulamentar n.º 5/97, os tanques destinados à reserva de reposição de água e compensação dos volumes de água deslocados pelos banhistas, deverão ser dotados de fáceis condições de acesso para inspeção e limpeza, bem como de uma capacidade mínima útil não inferior a 0,08 m<sup>3</sup> por cada metro quadrado de plano de água que sirvam.

Ora, como se pode verificar na tabela 8, e após efectuada a medição no local, os dois tanques existentes na Piscina Municipal do Alvito, encontram-se acima dos valores mínimos regulamentados.

Tabela 8- Volume dos Tanques de Compensação na Piscina Municipal do Alvito.

	Volume Existente (m <sup>3</sup> )	Volume Regulamentado (m <sup>3</sup> )
<b>Tanque de Compensação 1</b>	46,08	25
<b>Tanque de Compensação 2</b>	15,21	8

Por forma a calcular a quantidade de água, que é aconselhado ser renovada no interior da piscina, foram consultados o Decreto Regulamentar n.º 5/97 e ainda a directiva CNQ 23/93. De acordo com a directiva CNQ 23/93, a reposição diária de água deve ser baseada em 30 L por banhista, com um mínimo absoluto de 2% do volume do tanque. O artigo 32.º do Decreto Regulamentar 5/97, estipula uma reposição diária de água nova na proporção de 2% do volume do tanque, podendo este valor chegar a 5% do volume, nos casos em que se registre que a qualidade da água não está a ser garantida. Uma renovação de água baseada em 30 litros por banhista, corresponderia a uma percentagem de 0,73%, sendo este valor inferior ao mínimo legislado.

Decorre dos cálculos no anexo 2, que a aplicação de uma reposição diária de água nova na proporção de 5% do volume do tanque, corresponde a um valor de 27,44 m<sup>3</sup>/dia.

Segundo a NP 4448/2007, se a temperatura da água injectada para compensação de perdas de água da piscina, diferir significativamente da temperatura existente na água da piscina, é fundamental ter conhecimento do valor destas perdas térmicas pela adição de água, o qual resultará da seguinte expressão (2).

$$(P_{re}) = m_c * c_p * (T_p - T_r) \quad (2)$$

Onde,

$m_c$  – Caudal mássico de água renovada [kg/s];

$c_p$  – Calor específico da água [kJ/kg.°C];

$T_p$  – Temperatura da água da piscina [°C]

$T_r$  – Temperatura da água da rede [°C]

As perdas térmicas máximas associadas à renovação de água resultam neste caso num valor de 15,93 kW.

### 3.3.2. Perdas por Radiação

As perdas térmicas associadas à radiação não podem ser consideradas desprezáveis, tendo em conta as diferenças significativas entre a temperatura da água da piscina e a temperatura da envolvente. Segundo a NP 4448/2007, de modo a obter o valor das perdas térmicas por radiação, é possível utilizar a expressão (3).

$$(P_r) = \frac{24*3600}{10^6} * \epsilon_w * \sigma * (T_w^4 - T_s^4) \quad (3)$$

Onde,

$\epsilon_w$  – Emitância de grande comprimento de onda da água = 0,95;

$\sigma$  – Constante de Stefan-Boltzmann, igual a 5,67\*10<sup>-8</sup> W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>);

$T_p^4$  – Temperatura da água da piscina [K];

$T_s^4$  – Temperatura ambiente [K].

Decorre dos cálculos no anexo 2, que as perdas térmicas associadas à radiação têm um valor de 16,24 kW.

### 3.3.3. Perdas por Evaporação

De modo a calcular as perdas por evaporação, é necessário ter em conta a temperatura a que se encontra a água da piscina e ainda a temperatura do ar no interior da nave. De acordo com expressão (4) adiante referida, é possível calcular-se as taxas de evaporação da água para os casos de água em repouso e agitada, ou seja, com banhistas [25].

$$M_e = S * [(16 + 133n) * (W_e - G_a * W_{as})] + 0,1 * N \quad (4)$$

Onde,

$M_e$  – Taxa de evaporação [kg/h];

$S$  – Área do Plano de Água [m<sup>2</sup>];

$W_e$  – Humidade Específica do ar saturado à temperatura da água [kg<sub>agua</sub>/kg<sub>ar</sub>];

$G_a$  – Grau de saturação;

$W_{as}$  – Humidade Específica do ar saturado à temperatura do ar interior [kg<sub>agua</sub>/kg<sub>ar</sub>];

$n$  – Número de banhistas por m<sup>2</sup> de superfície de plano de água;

$N$  – Número total de ocupantes na nave, incluindo espectadores.

Por forma a calcular as perdas por evaporação, é necessário obter os valores da humidade específica do ar saturado para as temperaturas da água da piscina e no interior da nave, através da tabela que se encontra no anexo 3.

Em relação ao número de banhistas e espectadores, como não é possível obter um número exacto, recorre-se ao número de entradas da piscina, tanto de utentes, como de escolas ou instituições, por aproximação, sendo o número de banhistas no tanque de aprendizagem de 20 e no principal de 45, perfazendo um total de 65 banhistas.

Quanto ao número de espectadores, devem ser tidos em conta os professores existentes no interior da nave e ainda alguns pais ou acompanhantes dos banhistas, tomando este um valor de 20 pessoas. Na tabela 9 é possível verificar-se os valores das taxas de evaporação, para as situações de repouso e agitação do plano de água.

Tabela 9- Taxas de Evaporação na Piscina Municipal do Alvito.

	<b>M<sub>e</sub>(Repouso)[kg/h]</b>	<b>M<sub>e</sub>(Agitado)[kg/h]</b>	<b>Total</b>
<b>Piscina</b>	30,7	42,7	73,4

Uma vez que a piscina se encontra aberta 14 horas e encerrada 10 horas por dia, existe uma evaporação diária de aproximadamente 904 litros de água, divididos em 597 litros quando a piscina se encontra em funcionamento, com a água agitada, e 307 litros quando as instalações se encontram encerradas e a água se encontra em repouso. Uma vez calculadas as taxas de evaporação estimadas, é deste modo possível, calcular as perdas térmicas associadas à evaporação da água nos tanques de aprendizagem e principal, através da expressão 5. [25]

$$P_e = M_e * c_v \quad (5)$$

Onde,

$P_e$  – Perdas térmicas por evaporação [W];

$M_e$  – Taxa de Evaporação [kg/h];

$c_v$  – Calor de vaporização da água [Wh/kg]. [26]

As perdas térmicas associadas à evaporação têm um valor de 49,67 kW.

### 3.3.4. Perdas térmicas por Convecção e Condução

As perdas térmicas associadas à convecção e condução não serão contabilizadas, pois podem ser consideradas irrelevantes ou desprezáveis. Segundo a NP 4448/2007, existem ocasiões durante um ano, especialmente no verão, em que as perdas por convecção têm um valor negativo para piscinas interiores, situação em que a piscina apresenta ganhos térmicos por convecção, a partir do ar ambiente. Esta norma também descreve as perdas térmicas por condução para o solo, que são normalmente consideradas desprezáveis, a não ser que exista um lençol freático próximo do fundo da piscina.

Uma vez calculadas as potências das perdas térmicas e tal como anteriormente referido, as perdas caloríficas mais relevantes no interior da Piscina Municipal do Alvito são as perdas por evaporação, representando cerca de 61% das perdas caloríficas totais. As perdas associadas à radiação e renovação de água têm um valor inferior, representando cada uma, aproximadamente 20% em relação às perdas caloríficas totais.

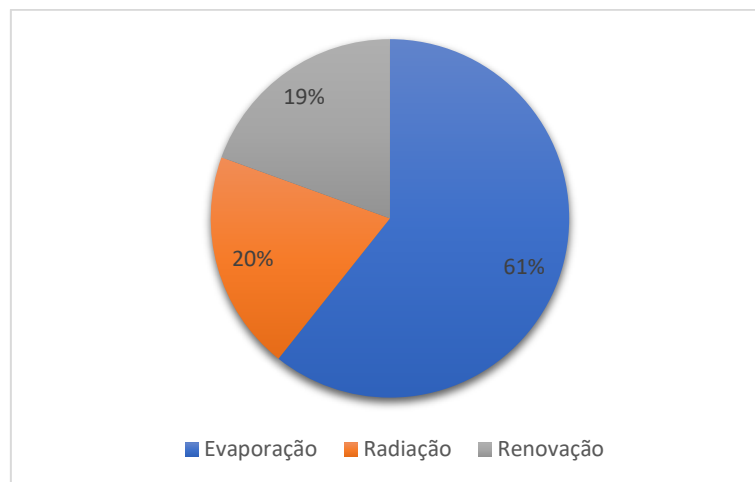


Figura 42- Tipos de Perdas Caloríficas existentes na Piscina Municipal do Alvito.

### 3.4. Energia Térmica de Águas Quentes Sanitárias

Com a finalidade de conhecer a energia térmica consumida nas águas quentes sanitárias, foi consultado o Decreto-lei n.º80/2006, onde é possível verificar que poderá ser assumido um gasto médio de 40 litros de água a 60°C por pessoa em cada banho. Para o caso deste trabalho foi efectuada uma aproximação mais realista e conservadora, uma vez que, após reunião havida com os funcionários da Piscina Municipal do Alvito, se concluiu que o consumo de água é superior ao indicado no Decreto-lei n.º80/2006.

Considerando que todos os banhistas tomam um pequeno duche antes de entrarem na piscina e outro após a prática desportiva, é possível estimar o volume de água consumida por mês em Águas Quentes Sanitárias. Considerando ainda que o tempo médio de banho é de sete minutos por banhista, estando incluído um minuto antes de entrar na piscina e os seis restantes após a prática desportiva, verifica-se por estimativa, que o caudal de cada chuveiro existente nos balneários é de 11 litros por minuto, considerando a temperaturas da água da rede de 15°C, a temperatura da água no depósito de acumulação de 60°C e ainda a temperatura da água dos banhos de 40°C.

Como decorre da tabela de cálculo no anexo 4, ao longo do ano de 2019 foi estimado um consumo de água médio por mês de 246,1 m<sup>3</sup>.

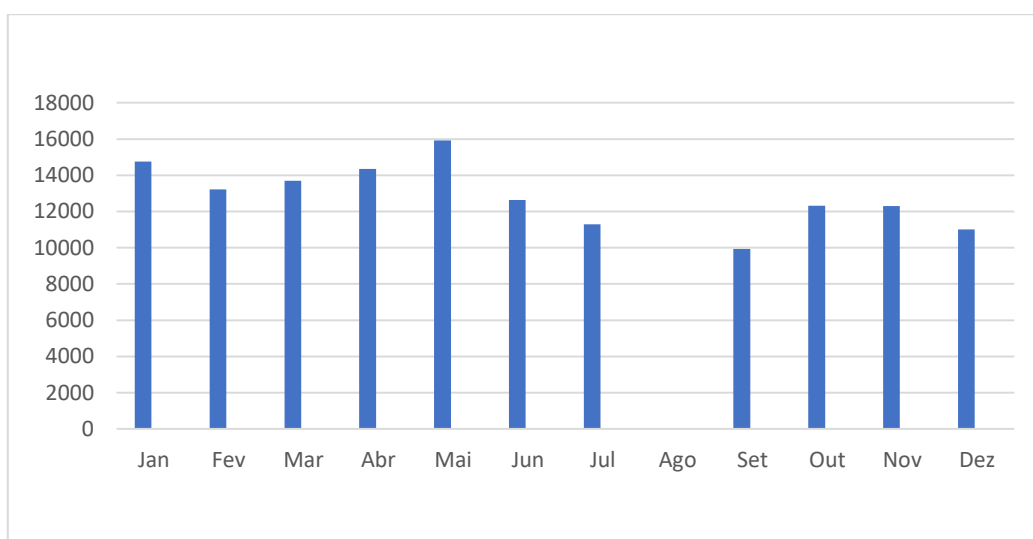


Figura 43- Perfil Mensal de energia térmica de AQS em kWh.

## 4. Dimensionamento das Soluções Apresentadas

### 4.1. Sistema Solar Térmico

No decorrer desta dissertação, será utilizado o programa Solterm, desenvolvido pelo Laboratório de Energia e Geologia (LNEG). Este *software* possui uma *interface* amigável e de fácil compreensão, tem em conta as condições climáticas em diferentes regiões de Portugal, e permite a análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos.

O *software* efectua uma análise de desempenho e o dimensionamento de alguns sistemas solares térmicos, podendo estes ser com ou sem armazenamento, para edifícios e piscinas. Permite ainda a determinação do comportamento energético mensal, bem como uma análise económica, ambiental e a optimização da área do colectador em estudo. É ainda possível realizar o cálculo de sistemas clássicos, com a possibilidade de definir depósitos estratificados, perfis de consumo declarados em base horária para cada mês e uma simulação numérica detalhada. A partir dos resultados de um processo iterativo de simulação, o SolTerm disponibiliza ainda uma análise económica e uma análise de benefícios ambientais, produzindo relatórios de climatologia, energéticos, económicos e ambientais.

Inicialmente, é necessário definir o tipo de clima e local onde irá incidir o projecto. Como se pode verificar na figura 45, esta dissertação centra-se na Região de Lisboa, na freguesia de Alcântara, situando-se esta relativamente perto do Parque Florestal de Monsanto, e também do centro da cidade e do Rio Tejo. Uma vez considerados estes factores, no separador de “Clima e Local” são definidos valores médios quanto à turbidez da atmosfera e do albedo do solo.

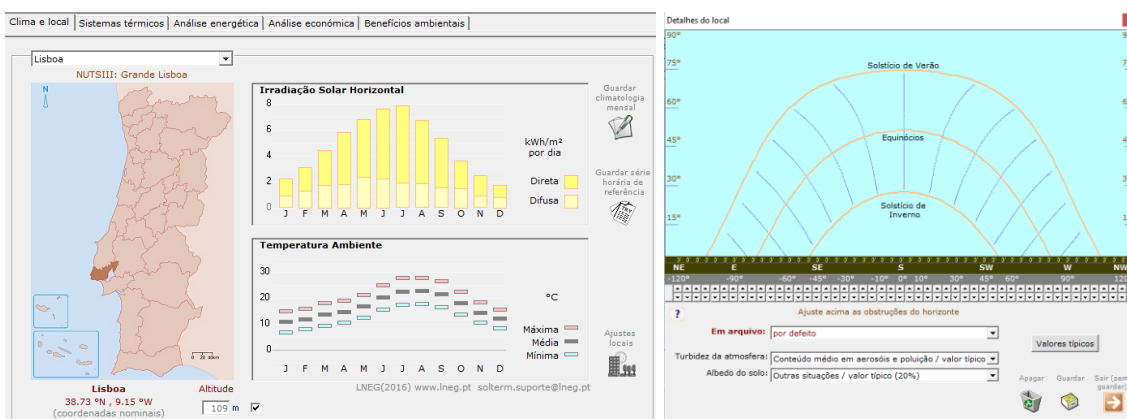


Figura 44- Interface Clima Local (Solterm 5.1).

Uma vez definidas as condições do clima e local, relativas à Piscina Municipal do Alvito, é possível caracterizar a instalação no menu “Sistemas Térmicos”. Como se pode verificar na figura 46, inicialmente é definida a marca e o modelo dos colectores a instalar. Por forma a aproveitar todo o espaço disponível na cobertura da Piscina Municipal do Alvito, foram definidos 51 colectores. Foram seleccionados os colectores solares da marca Baxiroca, modelo SOL 250 H, com uma inclinação de 35%. O azimute mais correcto seria de 0° Sul, no entanto, por questões estéticas e não prejudicando de qualquer forma o projecto, é assumido um azimute de 26°.

de captação com estes colectores solares planos seletivos, é de 121m<sup>2</sup>, encontrando-se este valor dentro do recomendado na NP 4448/2007, no caso de piscinas públicas.

Estes colectores são de instalação horizontal, têm uma superfície total de 2,5m<sup>2</sup> e têm uma placa absorvente de alumínio com tratamento superficial altamente selectivo, unida ao circuito hidráulico do tipo serpentina. Quanto às suas características estes colectores têm uma temperatura de estagnação de 221°C, pressão máxima de trabalho de 10 bar, uma capacidade de 2,7 litros e uma área de abertura de 2,38m<sup>2</sup>.

A estrutura de suporte dos colectores solares, deve garantir boas condições de estabilidade tanto no período de montagem, como ao longo dos anos de funcionamento, previsto para a instalação. Deve ainda possuir características de resistência à corrosão e resistência a acções provocadas por efeitos ambientais, tais como ventos ou sismos. No que toca à instalação dos colectores, devem ser tomadas todas as precauções, de modo a serem evitadas infiltrações de humidade, assim, devem ser garantidas condições de perfeita impermeabilização dos furos que serão necessários efectuar na laje.

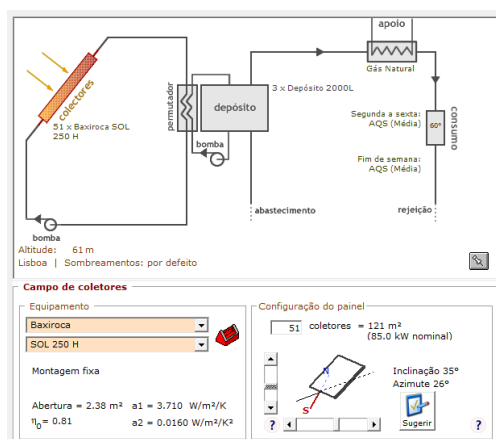


Figura 45- Interface Sistemas Térmicos (Solterm 5.1).

Tal como esquematizado na figura 46 a configuração do sistema solar é com depósito uma vez que o consumo de água quente, nem sempre coincide com os períodos de maior incidência solar, é assim necessário acumular a água quente num depósito solar para posterior consumo. O permutador escolhido foi do tipo externo, uma vez que apesar de serem mais caros e de necessitarem de bomba, a sua capacidade de transferência de calor é mais elevada. Na figura 47 encontram-se definidos os 3 depósitos que devem ser implementados. É considerado na prática um valor mínimo de 35m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> para a relação entre o volume do depósito de acumulação e área do painel solar e um valor aconselhável de 50 l/m<sup>2</sup> [5], deste modo, considerando os 121 m<sup>2</sup> de colectores instalados, é aconselhado um volume de depósito de acumulação de 6050 litros. Os depósitos são de construção vertical, para uma boa estratificação térmica, para que a água fria não se misture com a água quente. O material escolhido é o aço inoxidável, para que seja um material resistente à corrosão, leve e por necessitar de menor manutenção. Os depósitos selecionados têm cada um deles 2000 litros, com permutador externo que será tido em conta uma eficácia de 75%. Apesar do valor recomendado ser ligeiramente superior ao selecionado, este é irrelevante comparativamente aos custos associados à aquisição de um depósito com as características recomendadas.

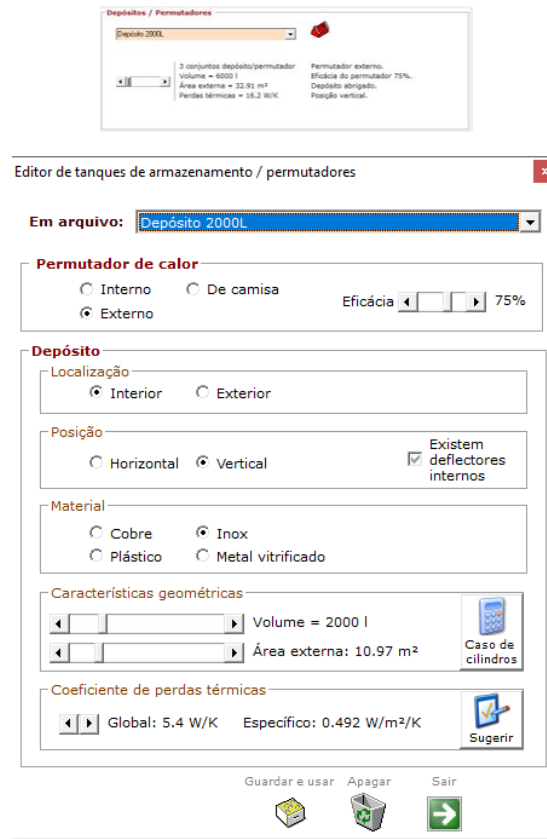


Figura 46- Caracterização dos depósitos de acumulação (Solterm 5.1).

Tal como anteriormente referido, o sistema de apoio fornece a energia necessária, sempre que, o sistema solar não satisfaça totalmente as necessidades energéticas de AQS. Deste modo, é possível assegurar uma economia na utilização do sistema de apoio. Na figura 48 encontra-se definido o sistema de apoio existente na Piscina Municipal do Alvito, sendo estas duas caldeiras a gás natural, da marca ROCA CPA 200 com 230kW de potência cada uma e assumido um valor de rendimento global do sistema de 92%.

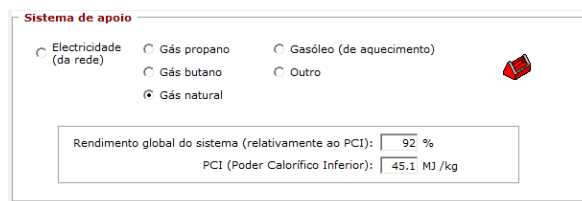


Figura 47- Caracterização do sistema de apoio (Solterm 5.1).

Posteriormente, definiu-se o consumo das AQS, para que seja possível caracterizar o consumo existente na Piscina Municipal do Alvito e foi selecionado o “Editor Geral”. Inicialmente, foi delimitado um consumo entre as 7 horas e as 21 horas, sendo que, nos outros períodos, ao longo do dia, não existe consumo. Na figura 49 encontra-se um exemplo de introdução do consumo referente ao mês de Fevereiro.

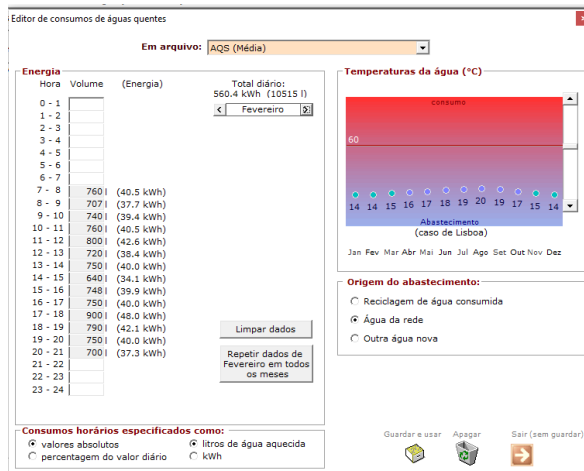


Figura 48- Introdução de consumos (Solterm 5.1).

Por último, uma vez definidos todos os principais componentes de uma instalação solar térmica, é necessário caracterizar tanto as tubagens existentes no sistema, como o fluido circulante no interior das mesmas. Tal como se pode verificar, na figura 50, o sistema a implementar é caracterizado por 110 metros de tubagem, sendo que 71,5 metros destes serão no exterior do edifício e os restantes 38,5 metros no interior. O *software* sugere as características da tubagem, tal como a velocidade do fluido no interior das mesmas. Tendo em conta, a sua localização, não existe a necessidade de utilização de qualquer anticongelante.

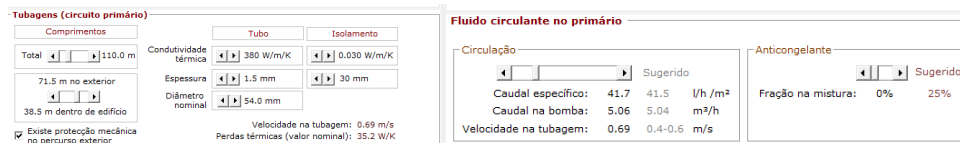


Figura 49- Introdução de dados das tubagens e fluido circulante (Solterm 5.1).

Uma vez caracterizada, toda a instalação solar térmica, através do *software* Solterm 5.1, é possível efectuar a análise energética de AQS da Piscina Municipal do Alvito, não sendo contabilizada a piscina. Na figura 51, observa-se que existe apenas 8 kWh de energia desperdiçada no mês de Setembro, ainda que realizada uma optimização por forma a reduzir o desperdício de energia solar, este valor não se alterou.

Efectuada a análise energética, é possível verificar-se um valor de rendimento global anual de sistema aceitável, tendo este o valor de 44%, sendo de esperar que este valor esteja à volta de 40% e 50%. Em relação à fração solar, esta tem o valor de 61,0%, - o ideal seria que este valor fosse ligeiramente superior, - mas ainda assim dentro dos valores aceitáveis. A fração solar é descrita como a taxa de calor produzida pelo sistema solar no cálculo geral da energia total requerida para aquecimento de água quente e é obtida através da expressão 6.

$$F_{sol} = \frac{Q_{fornecido}}{Q_{fornecido} + Q_{apoio}} * 100 \quad (6)$$

Sendo que,  $Q_{fornecido}$  corresponde à produção de calor solar (kWh) e  $Q_{apoio}$  corresponde ao aquecimento auxiliar necessário (kWh) obtendo-se assim o valor de  $F_{sol}$ , referente à fração solar. Ou seja, quanto maior for o valor da fração solar num sistema de energia solar, menores serão as necessidades de energia não renovável.

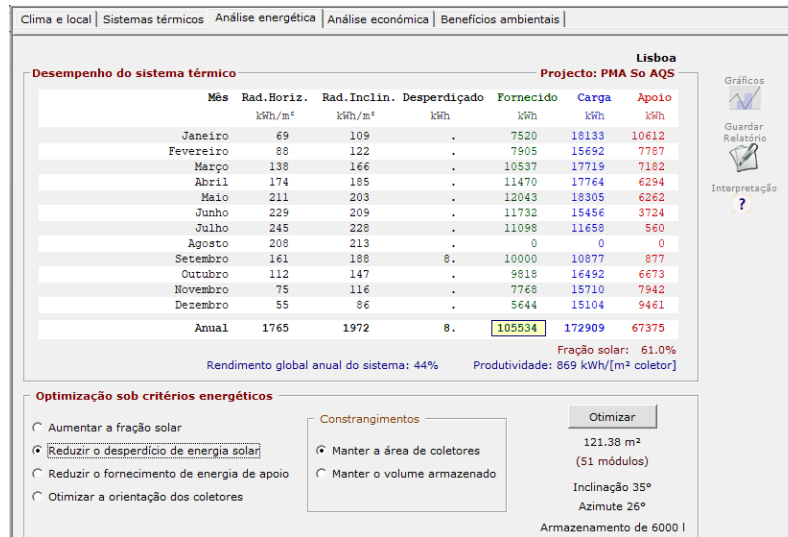


Figura 50- Análise Energética (Solterm 5.1).

Quanto ao rendimento global do sistema, este é referente à taxa de produção de calor solar, para a irradiação solar global da superfície do absorvedor, neste caso num período de um ano. O rendimento global do sistema é obtido através da seguinte expressão.

$$R_{gs} = \frac{Q_{fornecido}}{R_i + A_s} * 100 \quad (7)$$

Onde,  $R_{gs}$  corresponde ao rendimento global do sistema e  $R_i$  corresponde à irradiação solar (kWh/m²/ano). Na figura 52 está representado o gráfico, onde é possível comparar a energia fornecida, tanto pelo sistema solar a implementar, como pelo sistema de apoio.

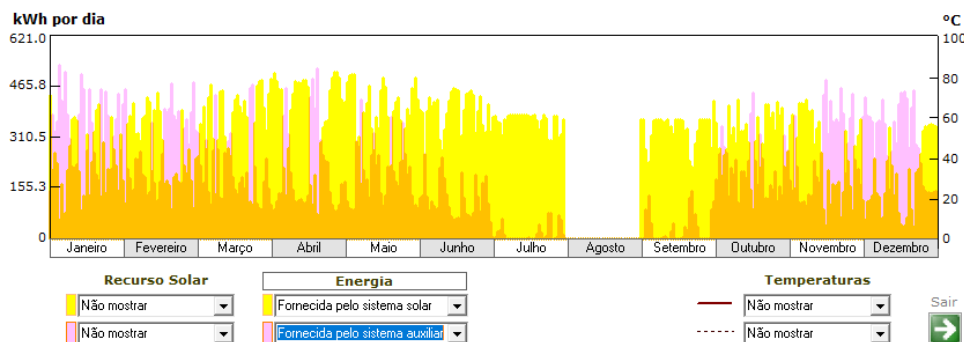


Figura 51- Energia fornecida pelo sistema solar e auxiliar (Solterm 5.1).

Como se pode constatar, e tal como já tinha sido referido anteriormente, é fundamental neste sistema solar térmico, a existência das duas caldeiras a gás natural, de modo a satisfazer totalmente, as necessidades energéticas de AQS, principalmente nos meses de inverno entre Novembro e Fevereiro. Por outro lado, durante o resto do ano é possível verificar uma economia significativa na utilização do sistema de apoio, visto que a radiação solar disponível tem uma elevada contribuição para as necessidades energéticas de AQS.

Como atrás referido, um dos principais objectivos desta dissertação, está inteiramente relacionado com os benefícios ambientais obtidos através da implementação desta instalação solar térmica, tal como se pode verificar na figura 53. Com esta instalação, são evitadas as emissões de gases, com efeito de estufa, em 23,16 toneladas de dióxido de carbono equivalente por ano. Sendo que, o tempo de vida útil do sistema solar térmico a implementar na Piscina Municipal do Alvito é de 20 anos, conclui-se que são evitadas 463,2 toneladas de dióxido de carbono.

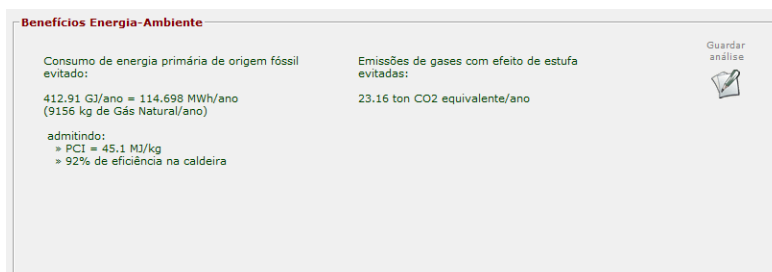


Figura 52- Benefícios Ambientais (Solterm 5.1).

#### 4.1.1 Viabilidade Económica

Como já referido anteriormente, um dos objectivos desta dissertação, seria analisar a viabilidade económica da implementação da instalação solar térmica na Piscina Municipal do Alvito. Uma vez mais recorrendo ao *software* Solterm, e como demonstrado na figura 54, são inicialmente introduzidos os dados técnico-económicos, tais como o preço do sistema solar, o tempo de vida útil da instalação e ainda alguns custos associados à manutenção do mesmo.

Visto que, não foi possível obter dados referentes a uma componente fixa do preço do sistema solar, estipulou-se uma componente variável de 500 €/m<sup>2</sup> e uma vez que a aquisição da instalação solar térmica, fica a cargo da Junta de Freguesia de Alcântara, não são considerados quaisquer incentivos e não será necessário um empréstimo bancário, tendo em conta que há capital disponível para investir. O tempo de vida útil da instalação é de 20 anos, sendo este um valor aceitável. Quanto à manutenção anual do sistema solar térmico corresponde, tal como estipulado, a 2% do preço do sistema e a renovação de componentes, a 2,5%, estes relacionados com algumas substituições pontuais, que sejam necessárias realizar no período de vida útil do sistema.

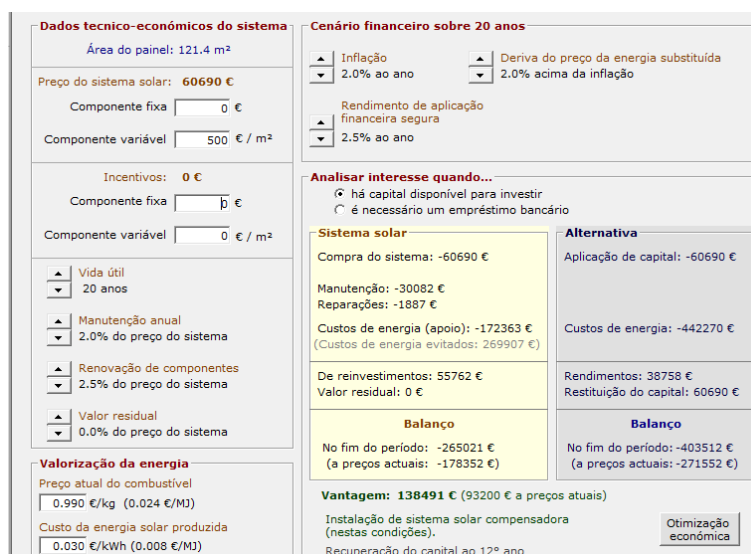


Figura 53- Análise económica (Solterm 5.1).

A análise económica é especialmente sensível aos dados relativos aos cenários económico-financeiros [27]. Para que seja possível realizar a análise económica, são estipulados valores de inflação, derivados do preço da energia substituída e rendimento da aplicação financeira segura. Estes três parâmetros dependem de alguns factores, sendo complicado estipular um valor exacto para um cenário de 20 anos, como o tempo de vida útil de uma instalação solar térmica. Todavia, no caso desta dissertação são estipulados os valores de 2,0% referentes à inflação e deriva do preço da energia substituída. Quanto ao valor do rendimento de aplicação financeira segura, é assumido um valor de 2,5% ano, sendo este valor baixo, tendo em conta que, hoje em dia a fiabilidade de um sistema solar térmico é elevada, sendo muito pouco provável, a ocorrência de uma falha completa e irreparável do sistema solar antes do fim do tempo de vida previsto.

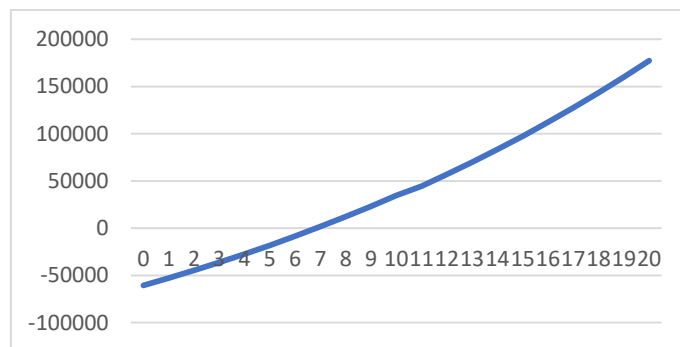


Figura 54- Balanço de receitas e despesas do sistema solar térmico da Piscina Municipal do Alvito.

Conforme decorre da figura 55, existe um pagamento inicial elevado no ano zero, ou seja, a compra do sistema solar térmico, correspondente a 60.690 euros. A instalação deste sistema garante poupanças energéticas anuais, ao longo dos 20 anos de vida útil do sistema as poupanças serão sempre superiores às despesas, gerando deste modo um *cash flow* positivo. O valor acrescentado líquido (VAL) seria nulo se apenas permitisse recuperar o capital investido. Como se verifica, no relatório do anexo 5, a recuperação do capital ocorre no décimo segundo ano após a aquisição. Posteriormente a este décimo segundo ano o capital investido já foi recuperado e todas as poupanças serão receitas para a autarquia.

#### 4.1.2. Montagem dos Colectores Solares

Conhecendo o número de colectores solares a instalar na cobertura da Piscina Municipal do Alvito, a sua inclinação, orientação e as suas dimensões, é possível calcular-se a distância mínima entre fileiras, tal como se encontra esquematizado na figura 56.

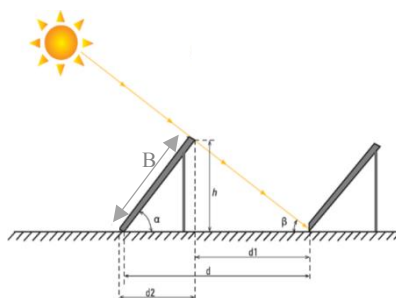


Figura 55- Distanciamento entre fileiras de colectores solares.

Tal como demonstrado nos cálculos do anexo 6, a distância mínima entre fileiras, para que não ocorra sombreamento, é dada através da equação 8.

$$d = B * \left( \frac{\sin \alpha}{\tan \beta} * \cos \alpha \right) \quad (8)$$

Na figura 57, é possível verificar-se a introdução desta distância mínima entre as fileiras dos colectores solares, sendo esta de 2,18 metros.

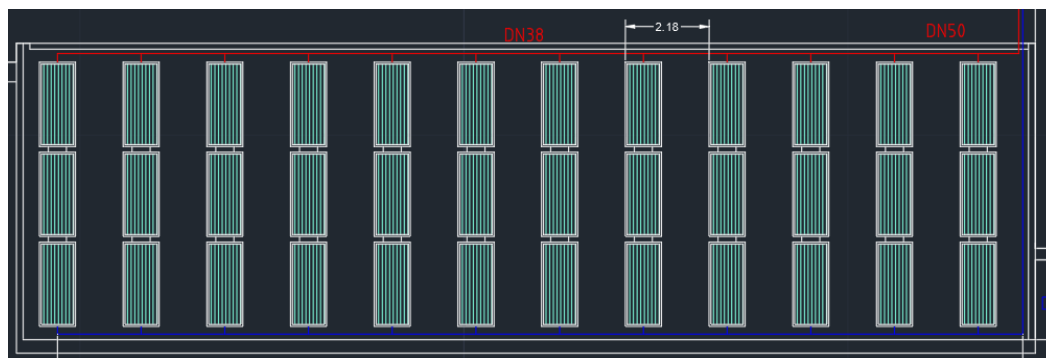


Figura 56- Configuração dos painéis na cobertura da Piscina Municipal do Alvito.

#### 4.1.3. Dimensionamento da Rede Hidráulica e Equipamentos

Para determinar a altura manométrica da bomba circuladora, vaso de expansão e diâmetros de tubagem é realizado um dimensionamento da rede hidráulica do sistema. A partir do conhecimento, de que, no dimensionamento da rede hidráulica, a perda de carga linear na tubagem deve ser inferior a 250 Pa/m, e a velocidade da água no interior da mesma não deve ser superior a 1,5m/s, por forma a garantir um bom funcionamento do sistema, é assumido nesta dissertação, como se pode verificar na figura 58 um valor máximo de 150 Pa/m, para um caudal existente no circuito de 1,4 l/s. Assim, recorrendo ao ábaco para tubagens em cobre, é obtido um diâmetro de 50 mm, ao longo dos troços este diâmetro diminui, sendo que a partir do troço 5-6 a tubagem tem um diâmetro de 38 mm, tal como calculado no anexo 7.

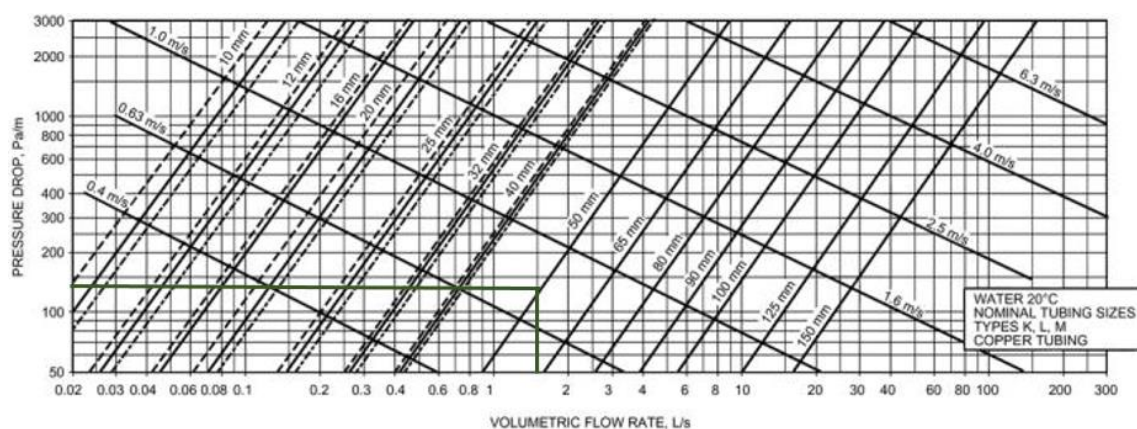


Figura 57- Ábaco para cálculo de diâmetros de tubagens em cobre.

De modo a calcular a altura manométrica da bomba, e conhecendo-se o diâmetro da tubagem, é possível calcular a perda de carga linear, recorrendo-se à equação 9. Os cálculos associados à altura manométrica da bomba constam no anexo 7.

$$\Delta P = 6,819 * L * \left(\frac{V}{C}\right)^{1,852} * \left(\frac{1}{Di}\right)^{1,167} * \rho * g \quad (9)$$

Onde,

$\Delta P$  – Perda de carga linear [Pa];

$L$  – Comprimento da tubagem [m];

$V$  – Velocidade da água [m/s];

$C$  – Coeficiente de rugosidade ( $C_r=150$  para tubagens em cobre);

$Di$  – Diâmetro interno da tubagem [m];

$\rho$  – Massa específica [kg/m<sup>3</sup>];

$g$  – Aceleração [m/s<sup>2</sup>].

Como anteriormente referido, nas bombas circuladoras usadas em sistemas de solares térmicos, os empanques são geralmente lubrificados pela água do sistema, pelo que é muito importante, que a bomba esteja sempre devidamente purgada e isenta de ar. Estas garantem a circulação de água em toda a instalação solar térmica, e com energia suficiente para vencer todo o conjunto das perdas de carga. Tendo em conta, o caudal de água da instalação e a perda de carga associada ao troço mais desfavorável, tal como calculado no anexo 7, é possível proceder-se à seleção da bomba, onde é utilizado o *software* de dimensionamento da *Grundfos*. Para esta seleção são considerados os dados calculados na tabela 10.

Tabela 10- Dados para seleção bomba circuladora.

<b>Comprimento da Tubagem Cobre [m]</b>	109,75
<b>Caudal [l/s]</b>	1,4
<b>Curvas 90°</b>	35
<b>Tês em Linha</b>	24
<b>Válvulas de Globo</b>	1
<b>Válvulas de Macho esférico</b>	2
<b>Válvulas de Borboleta</b>	2
<b>Válvulas de Retenção</b>	1
<b>Filtros Tipo Y</b>	1
<b>P.C Permutador [kPa]</b>	25
<b>P.C 3 x Colectores Solar em Série [kPa]</b>	15
<b>Pressão da Bomba [kPa]</b>	70,45

Considerando a pressão da bomba calculada e ainda o seu caudal de água, é selecionado o equipamento da marca Grundfos MAGNA3 32-100. A constituição da bomba selecionada e a sua curva característica encontram-se demonstradas no anexo 8.

Ainda, neste dimensionamento da rede hidráulica, pretende-se dimensionar o vaso de expansão a introduzir na instalação solar térmica da Piscina Municipal do Alvito. Conhecendo-se o volume total de água na instalação e ainda as pressões envolvidas na mesma, é possível calcular

o volume do vaso de expansão através da expressão 10. Todos os cálculos associados ao dimensionamento do vaso de expansão, encontram-se no anexo 9.

$$V_{ve} = \frac{e \cdot V_{int}}{1 - \frac{P_i}{P_f}} \quad (10)$$

Onde,

$V_{ve}$  – Volume do vaso de expansão [L];

$e$  – Coeficiente de expansão da água;

$V_{int}$  – Volume total de água na instalação [L];

$P_i$  – Pressão absoluta inicial [bar];

$P_f$  – Pressão absoluta final [bar].

Nestes termos, por forma a dimensionar o vaso de expansão para a instalação, são considerados os dados que se seguem na tabela 11.

*Tabela 11- Dados para seleção de Vaso de Expansão.*

<b>Volume Total Instalação [L]</b>	1626
<b>Temperatura Média da Água [°C]</b>	80
<b>Coeficiente de Expansão</b>	0,02898
<b>Desnível entre Instalação e Vaso [m]</b>	13
<b>Pressão Absoluta Inicial [bar]</b>	2,6
<b>Pressão Absoluta Final [bar]</b>	4,5
<b>Volume Vaso de Expansão [L]</b>	111,6

Considerando o volume calculado para o vaso de expansão a instalar na Piscina Municipal do Alvito, é selecionado o equipamento da marca Caleffi 556140. Este equipamento, indicado para instalações de aquecimento, tem uma pressão máxima de trabalho de 6 bar, e uma capacidade de 140 litros. As características do vaso de expansão selecionado estão descritas no anexo 10.

Na sequência do já referido anteriormente, é fundamental impedir a existência de bolhas de ar nas tubagens do sistema hidráulico, uma vez que estas podem reduzir significativamente a área de permuta e o coeficiente global de transmissão de calor dos tubos, reduzindo assim a eficiência do sistema. Deste modo, é importante a instalação de purgadores de ar automáticos em cada conjunto de três colectores solares. Estes acessórios são instalados no topo mais elevado da instalação solar térmica, como se pode verificar no anexo 11, para a instalação da Piscina Municipal do Alvito é selecionado o purgador de ar da marca Caleffi 250.

Outro equipamento selecionado e fundamental para um bom funcionamento do sistema solar térmico, são os depósitos de acumulação. Tendo em conta que a energia absorvida pelos painéis solares não pode ser controlada e nem sempre coincide com as necessidades ao longo do dia, torna-se necessário armazenar este calor captado, por forma a ser utilizado nos momentos de maior necessidade. Considerando os elevados consumos de água, existentes na Piscina Municipal do Alvito, são selecionados três depósitos da marca Vulcano MVV-2000-RB. Estes depósitos são indicados para aplicações colectivas, ou serviços de elevada dimensão, tais como centro desportivos. Os depósitos sem serpentina deste tipo são a solução ideal para instalações que recorram a permutadores externos e contribuem para a eficiência da instalação. Estes depósitos são construídos em aço vitrificado, possuindo um isolamento em espuma rígida de poliuretano de

80 mm, e têm ainda a possibilidade de tratamento anti-legionella por choque térmico [28]. As características e dimensões deste depósito selecionado encontram-se no anexo 12.

#### 4.1.4. Descrição do Sistema Solar Térmico Proposto

A cobertura da Piscina Municipal do Alvito possui condições muito favoráveis para a instalação dos colectores solares planos selectivos, como se pode verificar na figura 59, uma vez que a cobertura não possui quaisquer obstruções e é plana na sua totalidade, facilitando deste modo, a montagem dos mesmos. O local para a instalação dos colectores solares possui uma exposição solar adequada e isento de sombras.



Figura 58- Cobertura da Piscina Municipal do Alvito.

Foi determinado com recurso às plantas do edifício, qual o número de colectores solares possíveis de instalar na cobertura. Deste modo, conforme demonstrado na figura 60, a cobertura da Piscina Municipal do Alvito possui espaço para 51 colectores solares, perfazendo, tal como mencionado anteriormente, uma área de 121m<sup>2</sup>.

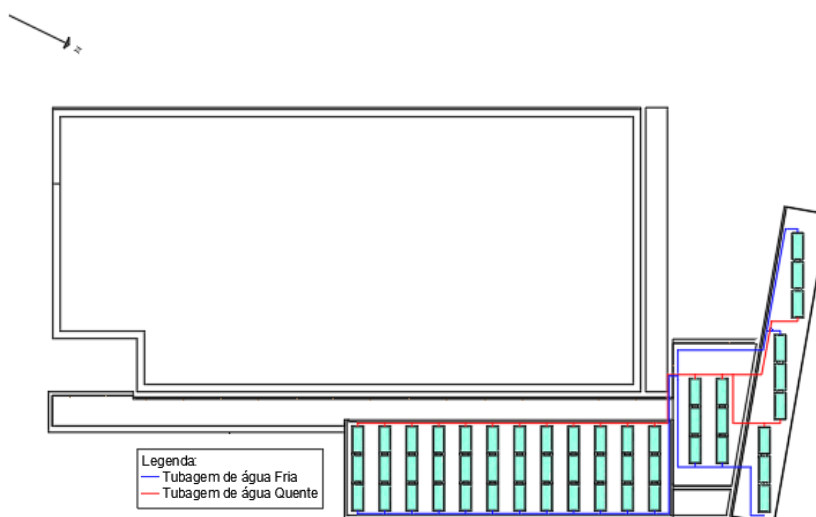


Figura 59- Implementação dos colectores solar térmicos na cobertura da Piscina Municipal do Alvito.

Por forma a instalar-se os 51 colectores solares Baxi Roca Sol 250 H, é necessário proceder-se à instalação da estrutura de fixação e suporte dos mesmos. A estrutura deve ser em

perfis galvanizados, com as soldaduras protegidas contra a corrosão, deve-se ainda proceder a uma correcta impermeabilização da zona em contacto entre a estrutura de apoio dos colectores e a cobertura da Piscina. Quanto às tubagens constantes da figura 60, assinaladas pelas cores azul e vermelho, correspondentes às tubagens de água fria e quente respectivamente, estas são em cobre DN 50 e DN38, devidamente isoladas e protegidas.

Na figura 61 é possível verificar-se o esquema de princípio da instalação solar térmica da Piscina Municipal do Alvito. A produção de águas quentes sanitárias será efectuada através de uma energia principal, energia solar, e uma energia de apoio, que será a energia proveniente das caldeiras a gás natural. O campo solar capta a energia proveniente da radiação solar, acumulando essa energia no depósito de acumulação (DAQS1). O sistema de apoio fornece a energia necessária sempre que o sistema solar não satisfaça totalmente as necessidades energéticas de AQS. Desta forma, assegura-se uma economia na utilização do sistema de apoio, conseguindo uma poupança significativa no consumo de gás natural. De notar que a captação de energia solar não ocorre a todas as horas do ano. O esquema de princípio da instalação encontra-se no anexo 13.

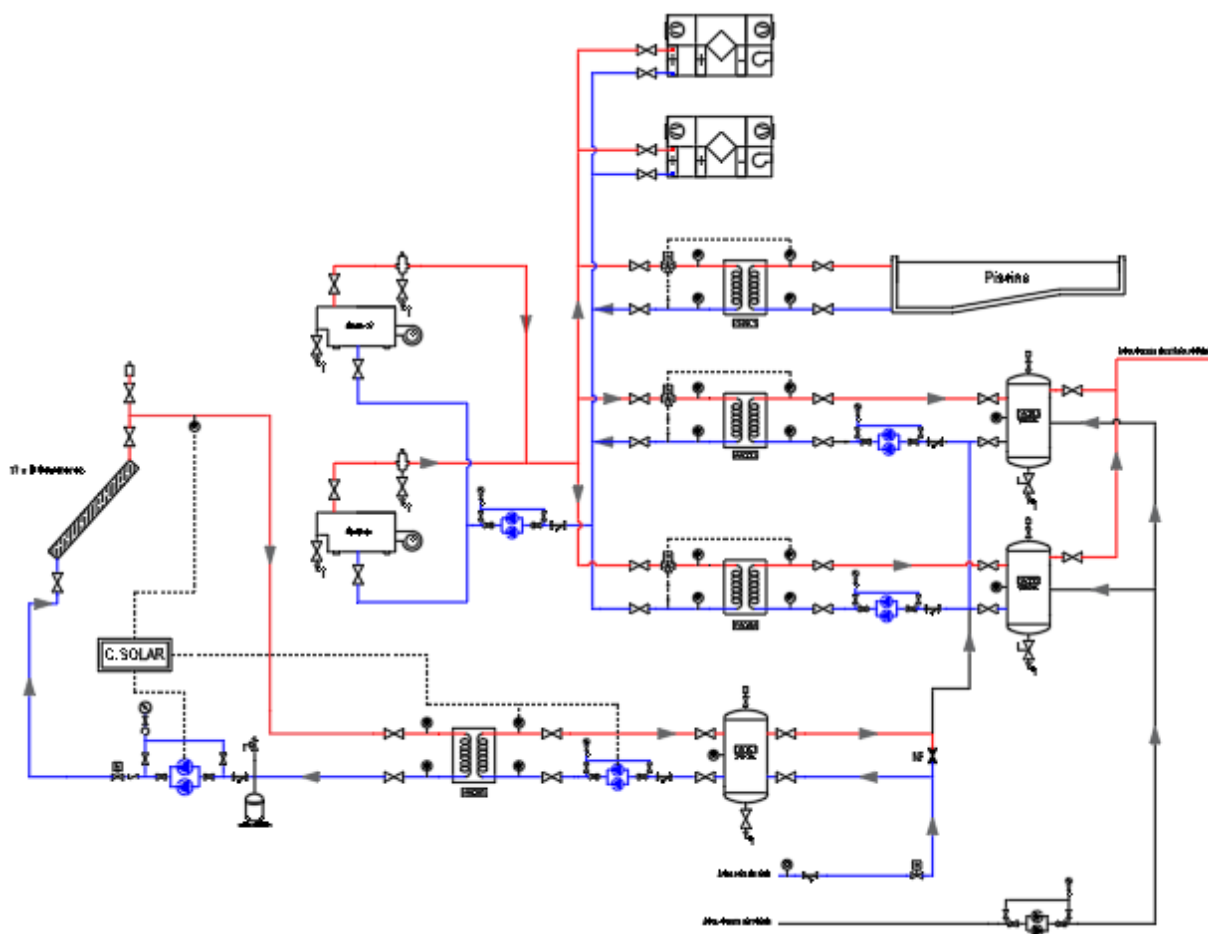


Figura 60- Esquema de Princípio.

No circuito primário dos colectores solares é instalada uma bomba de circulação de água (B1), de modo forçar a circulação de água entre os colectores solares e o permutador de calor (PC1). Nos pontos mais elevados da instalação solar, é adicionado um purgador automático em cada conjunto de colectores solar. O sistema de controlo solar, é constituído por 3 sondas de temperatura, uma na saída de cada um dos grupos de 3 colectores solares, outra no depósito de

água quente sanitária (DAQS1) e ainda outra na bomba de circulação (B1). A função deste, será realizar o controlo do circuito solar, em função da temperatura da água na parte inferior do depósito e nos colectores solares. Assim, quando a temperatura da água no interior do depósito de água quente sanitária (DAQS1) for superior a 2°C relativamente à temperatura da água à saída dos colectores, por exemplo durante a noite, a bomba de circulação (B1) será desligada e não haverá transferência de calor entre os colectores e o depósito de água quente sanitária (DAQS1). Sempre que a diferença entre a temperatura da água à saída dos colectores e a água do depósito de água quente sanitária (DAQS1) for superior a 5°C, a bomba de circulação (B1) será acionada e haverá calor a ser transferido dos colectores para o depósito de água quente sanitária (DAQS1).

A vantagem da instalação da válvula normalmente fechada é nos períodos, em que não existe energia solar disponível para aquecimento de águas, é possível fechar as válvulas de retenção manual do depósito (DQAS1) abrindo a válvula normalmente fechada, fazendo assim com que a água da rede entre directamente nos depósitos (DAQS2) e (DAQS3), estando estes em paralelo. Nos períodos de energia solar, a válvula normalmente fechada encontra-se fechada, fazendo com que a água da rede entre no depósito (DAQS1), provocando o aquecimento da água e poupando-se, deste modo, a energia proveniente das caldeiras.

Tal como atrás referido, o sistema de apoio irá fornecer a energia necessária, sempre que o sistema solar não satisfaça, totalmente as necessidades energéticas de AQS. As caldeiras, tal como esquematizado, são ainda responsáveis pelo fornecimento de energia para o aquecimento da água da piscina e ainda das duas bombas de calor que se pretendem dimensionar posteriormente nesta dissertação. Deste modo, a água proveniente do colector de retorno, atravessa as caldeiras para ser aquecida, sendo posteriormente encaminhada para o colector de ida, seguindo para os equipamentos referidos. Conforme consta na figura 61, o aquecimento dos depósitos de AQS e da piscina é realizado com recurso a permutadores de placas.

## 4.2. Bomba de Calor com Desumidificação

Um factor que é necessário ter em conta, quando projectada uma piscina interior como a Piscina Municipal do Alvito, é a sua desumidificação. Tal como calculado anteriormente neste trabalho, grandes volumes de água evaporam constantemente do plano de água, e em redor do mesmo, situando-se este valor próximo do milhar de litros em apenas um dia. Infelizmente, são muitos os casos de instalações de piscinas, em que o sistema de desumidificação instalado não foi o mais adequado, levando assim à destruição de paredes e estruturas do edifício, devido ao aparecimento de fungos e corrosão na estrutura. Na figura 62 é possível verificar-se alguns destes exemplos de corrosão provenientes de uma má desumidificação.

A humidade em si mesma já é agressiva para os materiais no interior de uma piscina coberta, todavia na presença de cloro esta combinação ataca severamente os materiais de construção quando presente um cenário de condensação [29]. A desumidificação para além de garantir melhores condições de preservação dos materiais de construção de uma piscina, também garante as melhores condições de conforto e bem-estar para os utilizadores da instalação.



Figura 61- Exemplos de corrosão proveniente de uma má desumidificação na Piscina Municipal do Alvito.

A escolha dos materiais de construção e de equipamentos existentes no interior de uma piscina, são fundamentais para o bom funcionamento da mesma. Assim, a quando do dimensionamento da bomba de calor com desumidificação a implementar na Piscina Municipal do Alvito, é necessário ter em conta os materiais de construção, para que o tempo de vida útil dos mesmos não seja reduzido face ao investimento efectuado.

O material básico que é usado no desumidificador para permutadores de calor, ventiladores e todas as superfícies, pode ter diferentes classes de proteção contra a corrosão, dependendo da vida útil necessária, devendo ser em alumínio ou aço galvanizado por imersão a quente com revestimento. Os evaporadores e condensadores em particular necessitam de uma boa proteção com um revestimento epóxi [29].

Por forma a controlar estes níveis de humidade e garantir o perfeito funcionamento da instalação, é possível usar-se dois tipos de sistemas: A desumidificação por condensador mecânico no interior da nave ou, por uma unidade de tratamento de ar central que também serve para ventilar a nave. Considerando o tamanho da piscina em estudo, o sistema a implementar deve ser necessariamente a ventilação com desumidificação, não obstante ser um maior investimento e necessitar de mais espaço para a instalação do mesmo, garante uma perfeita regulação da humidade e temperatura na nave como todas as exigências para o conforto dos utilizadores, ao invés do outro sistema utilizado em piscinas de pequenas dimensões.

O sistema de ventilação com desumidificação, é usado em piscinas com elevadas exigências de conforto ou com grandes dimensões, onde é necessário substituir grandes volumes de ar para conforto e condições de higiene. Nestas soluções de ventilação, o ar quente e o húmido existente no interior da nave é extraído e substituído por ar exterior seco. A energia do ar quente e húmido é recuperado na secção de recuperação de calor do equipamento a instalar, que normalmente possui um permutador de calor de placas [29]. No sistema de ventilação com desumidificação com bomba de calor, tal como o que se propõe instalar, a bomba de calor funciona como um desumidificador e bomba de calor dedicada. Esta solução permite uma optimização da recuperação de calor e minimiza a entrada de ar externo.

É um dos objectivos desta dissertação, a introdução de um sistema de bomba de calor com desumidificação para o aquecimento da nave da Piscina Municipal do Alvito. Este sistema corresponde a um circuito de refrigeração clássico, tendo como principais componentes, o evaporador, compressor, condensador e ainda o sistema de expansão, tal como se pode verificar no ciclo da figura 63.

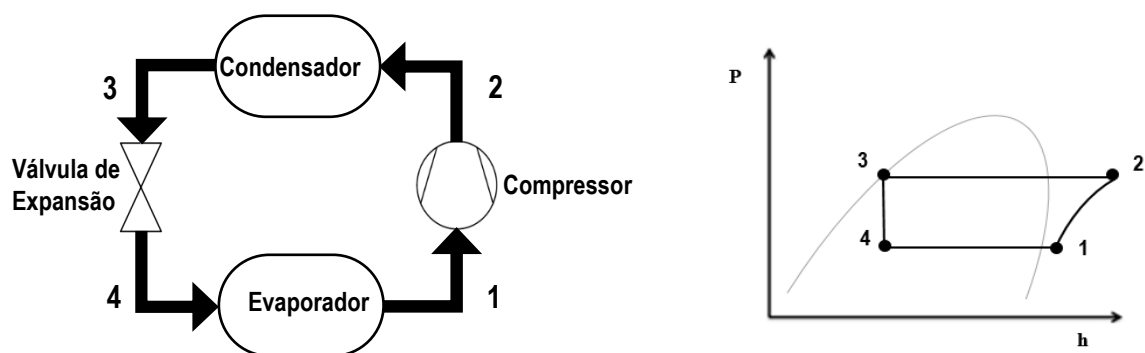


Figura 62-Ciclo e componentes de uma bomba de calor.

O ponto de partida neste ciclo é considerado, a saída do evaporador, assinalada no ponto (1). No evaporador é retirada a energia do ar ambiente em forma de calor, sendo absorvido pelo fluido de trabalho, encontrando-se este no estado de vapor sobreaquecido a baixa pressão.

Posteriormente, este fluido é aspirado através de um processo de compressão, onde o fluido é comprimido até à pressão do condensador no estado de vapor sobreaquecido, conforme esquematizado através do ponto (2). No condensador a energia anteriormente absorvida, é libertada para o meio que se pretende aquecer, ou seja a nave da piscina. O vapor com uma pressão alta perde energia até atingir o estado de líquido saturado, assinalado no ponto (3). Na saída do condensador o fluido sofre uma expansão na válvula de expansão, regressando uma vez mais à entrada do evaporador com uma pressão baixa assinalado no ponto (4).

O desempenho da bomba de calor (COP) – *Coefficient of Performance*, é obtido através do quociente entre a energia produzida no condensador e a energia total consumida pelo equipamento. Contudo, o valor obtido neste quociente não é constante ao longo do ano, visto que a temperatura exterior varia durante os vários meses do ano. Nos meses de inverno, onde as necessidades energéticas serão mais elevadas, a Piscina Municipal do Alvito tem ao seu dispor duas caldeiras a gás natural de modo a assegurar o correcto funcionamento da instalação.

Para que seja possível, contrariar os efeitos das cargas térmicas sobre o ar no interior de um espaço, são realizados processos de ar húmido, para proceder às alterações desejadas. Os processos de ar húmido mais vulgarmente utilizados são o aquecimento sensível, a humificação com injeção de vapor de água, o arrefecimento com humificação e por fim o arrefecimento com ou sem desumidificação [30].

No aquecimento sensível é trocado calor, sem que se altere as proporções de ar seco e de vapor de água, sendo deste modo, um processo a humidade específica constante. No processo de humificação com vapor não ocorre alteração da temperatura. Relativamente ao processo de arrefecimento com humificação, recorrendo-se a lavadores de ar ou saturadores adiabáticos, consegue-se baixar a temperatura seca a um fluxo de ar, injectando água pulverizada [30]. Esta absorve calor e evapora devido à temperatura mais elevada do ar, diminuindo a temperatura e aumentando a quantidade de vapor no ar. Quanto ao processo de arrefecimento com desumidificação, é realizado em baterias de arrefecimento. As baterias encontram-se divididas em dois grupos, as baterias secas e húmidas, sendo estas normalmente constituídas por tubos de cobre mecanicamente expandidos em alhetas de alumínio, destinadas ao aumento da superfície de permuta [30].

#### **4.2.1. Simulação HAP**

Por forma a realizar este dimensionamento e cálculos associados à bomba de calor, foi utilizado o *software* HAP 48 (*Hourly Analysis Program*, version 4.80) da Carrier. Este programa é utilizado para projectar sistemas, tanto para prédios comerciais, como uma ferramenta de análise energética, para comparação de consumo energético e custos de alternativas.

Devido à importância que as condições meteorológicas têm em um projecto, é fundamental desenvolver o mesmo, de acordo com a localização exacta da Piscina Municipal do Alvito, de modo a que seja uma caracterização correcta das variáveis naturais que o influenciam. Os dados geofísicos permitem obter com maior certeza os registos climáticas da região, que contêm a informação estatística das condições climáticas médias e máximas, bem como as condições de incidência solar. Como decore da figura 69, no menu *Weather Properties* do *software* HAP 48, é necessário caracterizar as condições exteriores da Piscina Municipal do Alvito, correspondendo ao *Design Parameters*, onde são introduzidos alguns dados e parâmetros, tais como, a região e local de projecto, condições de projecto, turbidez, reflectância e conductividade do solo.

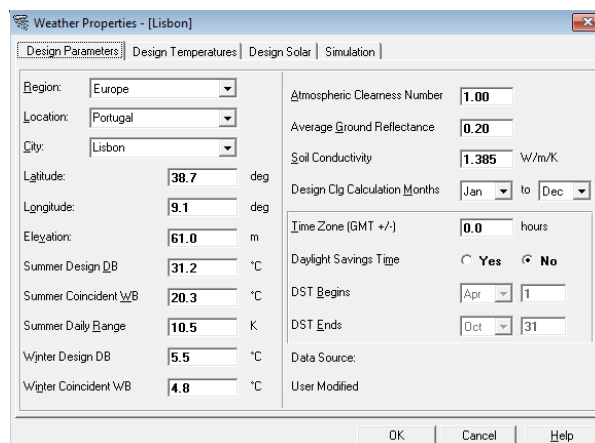


Figura 63- Parâmetros de Projecto (Hourly Analysis Program).

Com recurso aos anexos 14 e 15, foi possível a introdução dos dados referentes às condições de projecto, uma vez que sendo uma piscina coberta, são consideradas as exigências técnicas e de conforto necessárias, mais precisamente o controlo da qualidade e temperatura do ar existente no interior da nave. Por forma a definir as condições de projecto de verão, são utilizados os dados do anexo 14, apresentando valores de amplitude térmica diária e temperatura exteriores de bolbo seco e bolbo húmido de projecto segundo uma probabilidade de ocorrência de 90, 95, 97,5 e 99%.

Quanto maior a probabilidade seleccionada, menor é a probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas superiores à escolhida. Considerando que o projecto se trata de uma Piscina Municipal, é necessário cumprir as condições de climatização ideais grande maioria do tempo, pelo que será seleccionada uma probabilidade de ocorrência de 97,5%. Quanto às condições de projecto de inverno são utilizados os dados do Anexo 15, onde estão apresentados os valores de temperatura exteriores de bolbo seco, segundo probabilidades de ocorrência de 1%, 2,5%, 5% e ainda 10%. Segundo ainda o mesmo critério, é utilizada uma probabilidade de 2,5%.

Ainda relativamente ao painel *Design Parameters*, é dado ao utilizador a possibilidade de ajustar os valores dos seguintes parâmetros, *Atmospheric Clearness Number*, *Average Ground Reflectance* e ainda *Soil Conductivity*. Quanto aos parâmetros de *Atmospheric Clearness Number*, que se refere à poluição ou nevoeiro presentes na atmosfera, no caso deste projecto é seleccionado o factor de 1, sendo este um valor para as condições típicas. No caso do *Average Ground Reflectance*, é um parâmetro que trata a reflectância medida da radiação solar realizada pelo solo para os edifícios e toma o valor de 0.20 em todas as cidades disponíveis. No caso do *Soil Conductivity*, é um factor que trata a condutividade térmica do solo em torno de um edifício e o valor atribuído neste caso é de 1.385 W/m.K.

Posteriormente ao painel de *Design Parameters*, é necessário corrigir os valores presentes no painel *Design Temperatures*. Com os parâmetros inseridos nas condições de projecto, o *software*, por defeito, não cria um perfil de variação de temperatura mensal. Perfil esse, que não é credível, pois não tem por base, dados das características da localidade onde o projecto está inserido. Como se pode verificar na figura 70, foram calculados os novos valores de temperatura de bolbo seco e húmido com recurso aos dados presentes no Anexo 16.

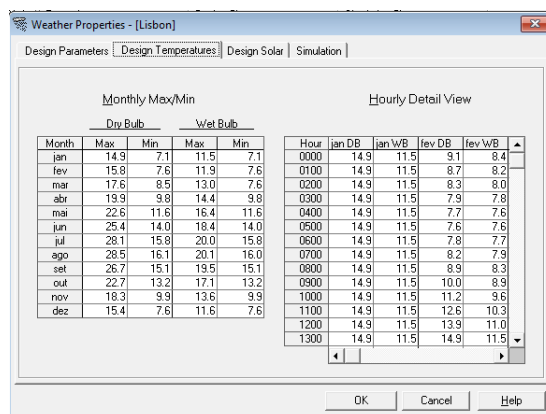


Figura 64- Dados temperatura máxima e mínima (BS e BH) corrigida (Hourly Analysis Program).

Como nos parâmetros anteriores, também no painel *Design Solar* foi necessário corrigir os valores atribuídos automaticamente pelo *software*, visto que por defeito o mesmo atribuiu um factor de correção com o valor de 1. Decorre da figura 71, com recurso aos relatórios dos perfis de radiação solar total por hora e para cada mês do ano, foi possível corrigir os valores de radiação. No anexo 17, constam todos os cálculos associados à alteração do factor de correção solar ao longo do ano.

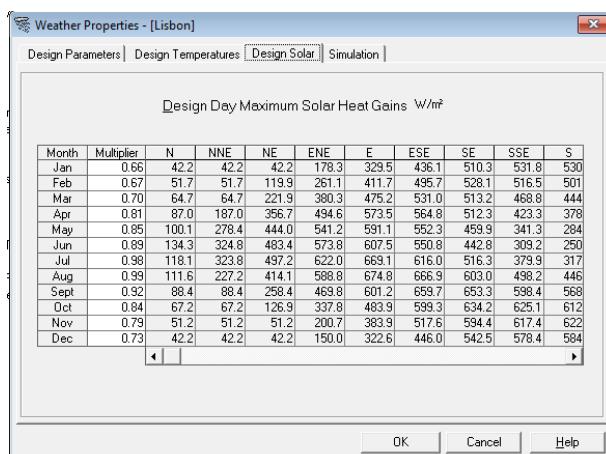


Figura 65- Valores de radiação corrigidos (Hourly Analysis Program).

Definidas todas as condições meteorológicas, de acordo com a localização exacta da Piscina Municipal do Alvito, é agora necessário proceder à caracterização geral do espaço subjacente a este projecto, sendo este, a nave da Piscina Municipal do Alvito. Sabendo, que esta tem 997,5 m<sup>2</sup> e um pé direito de 8 metros, é efectuada através do menu *Space Properties*, uma caracterização das cargas térmicas existentes no interior da nave, das paredes e janelas, cobertura e pavimento. Na figura 72, através do menu *Internals* é efectuada uma caracterização das cargas internas referentes à iluminação, equipamentos e pessoas.

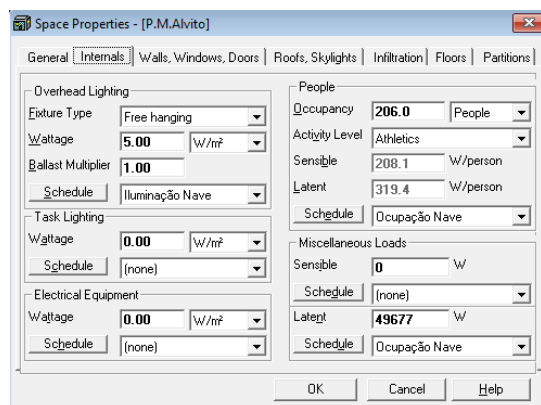


Figura 66- Caracterização cargas internas, menu Internals (Hourly Analysis Program).

Quanto à iluminação, este valor é referente a 25 projectores de 200W cada, em redor da nave, encontrando-se estes associados ao horário da iluminação da nave, perfazendo assim um valor de 5 W/m<sup>2</sup>. Relativamente à ocupação, o valor atribuído é o valor máximo instantâneo anteriormente calculado através da directiva CNQ 23/93, estando este associado a um horário de ocupação da nave. Por último, é atribuída uma carga de 49.677 W, associada à carga de evaporação também anteriormente calculada.

Uma vez introduzidas as cargas internas, caracterizam-se as paredes e vãos envidraçados existentes na nave da Piscina Municipal do Alvito, recorrendo ao menu *Walls, Windows, Doors*, como se pode verificar na figura 73, onde estão definidas as características dos materiais utilizados na construção das paredes, a orientação e a área das mesmas. Considerando a existência de vãos envidraçados, ao longo de três paredes existentes na nave, torna-se necessário separar a área de vão e parede. Por forma a obter o valor do coeficiente global de transmissão térmica dos vidros existentes na nave da piscina foi utilizado o *software* “Calumen Live”, como demonstrado no anexo 18, onde o coeficiente global de transmissão térmica é de 3,2 (W/m<sup>2</sup>.°C).

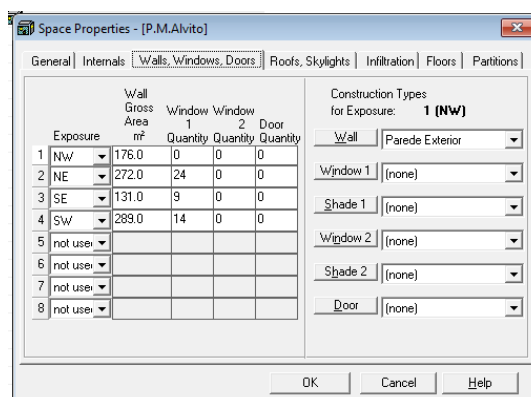


Figura 67- Caracterização da nave menu Walls, Windows, Doors (Hourly Analysis Program).

Posteriormente à caracterização tanto das paredes como dos vãos envidraçados da nave da Piscina Municipal do Alvito, pretende-se através do menu *Roofs Skylights e Floors*, efectuar a caracterização da cobertura da nave e do pavimento. Como definido na figura 74, esta cobertura é horizontal na sua totalidade, não tendo qualquer inclinação ou claraboias na sua constituição, com uma área de 997,5 m<sup>2</sup>. Quanto ao pavimento, são definidas as características dos materiais e

ainda qual a condição do espaço, sendo que neste caso, a nave se encontra acima de uma zona não climatizada, tal como referido anteriormente, a área técnica.

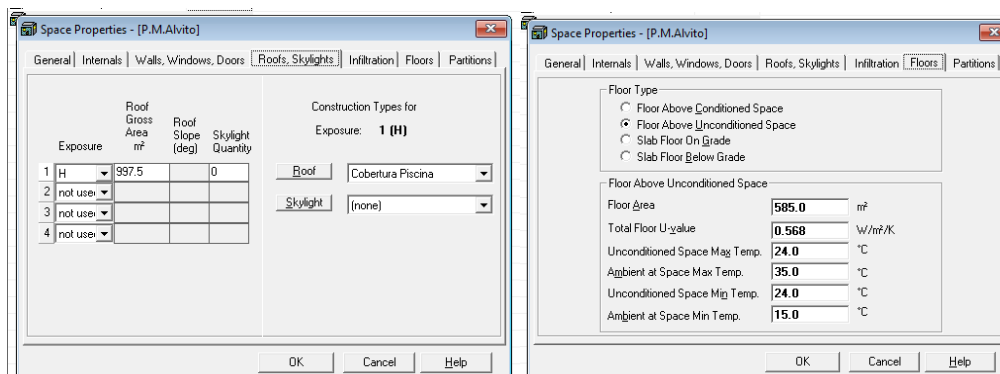


Figura 68- Caracterização da nave menu Roof, Skylights e Floors (Hourly Analysis Program).

Posteriormente, é necessário definir o tipo de equipamento, os sistemas e o número de zonas a serem climatizadas. Na figura 75, através do menu *Air System Properties*, identifica-se o tipo de equipamento, sendo que neste caso se trata de um *Split Air Handling Unit*. Na mesma figura é ainda possível verificar a introdução do parâmetro relativo ao tipo de sistema de ar, no qual foi definido que seria do tipo *CAV-Single Zone*, uma vez que esta unidade apenas estará a operar para uma zona. Este sistema possibilita um volume constante de ar condicionado à zona terminal.

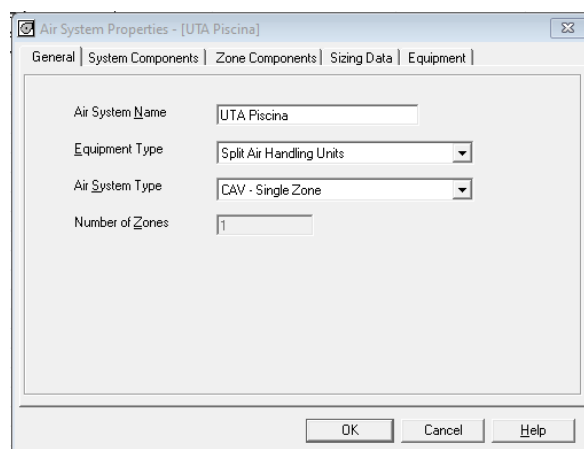


Figura 69- Caracterização do sistema UTA Piscina (Hourly Analysis Program).

O menu *Air System Properties* é constituído pelo separador *Systems Components*, onde são seleccionados e caracterizados os principais componentes do sistema a implementar na instalação. Entre estes componentes, encontram-se o ar de ventilação e neste separador são efectuadas algumas definições, como por exemplo o constante controlo do ar, mantendo-se um nível de dióxido de carbono no interior da nave inferior a um limite estipulado, garantindo-se deste modo, uma qualidade de ar aceitável. Podem existir três tipos de ventiladores, sendo estes os de insuflação, de extração e retorno, são alimentados por um motor eléctrico, e responsáveis pelo movimento do ar nas condutas da instalação. Como se pode verificar na figura 76, outros dos componentes a considerar nesta instalação, são o economizador, desumidificador, permutadores de aquecimento e arrefecimento, sendo nestes estipulados valores máximos e mínimos permitidos para o funcionamento do equipamento.

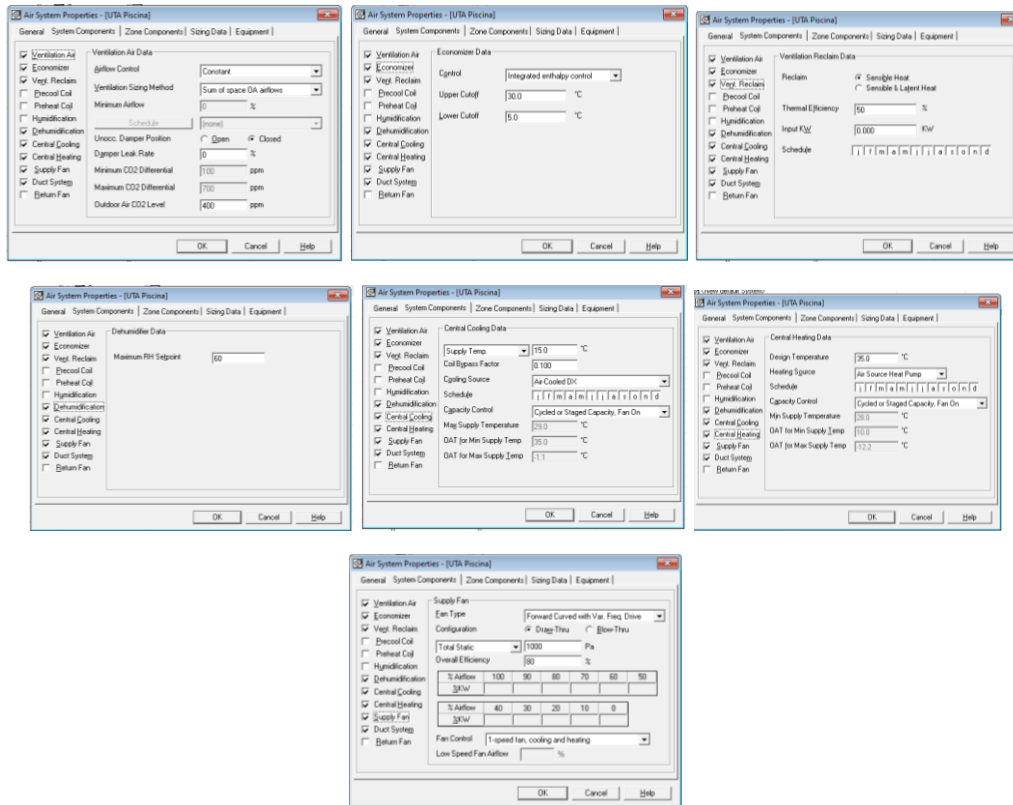


Figura 70- Caracterização dos componentes do sistema (Hourly Analysis Program).

Após definição de todos os componentes do sistema, a implementar na Piscina Municipal do Alvito, é então necessário definir no menu *Zone Components* os espaços que se pretendem climatizar. Na figura 77, o espaço a climatizar será a nave da piscina, aqui referida na zona 1 como “Átrio da Piscina”. No separador de *Thermostats* são estabelecidos os *setpoints* de arrefecimento e de aquecimento para a nave da piscina e podem ser regulados como um todo, isto é, iguais para toda a zona ou sistema. É ainda estipulado um horário para o termóstato, sendo que, este permite que o ar dos espaços seja mantido com determinadas condições de temperatura diferentes para alturas de ocupação e não ocupação.

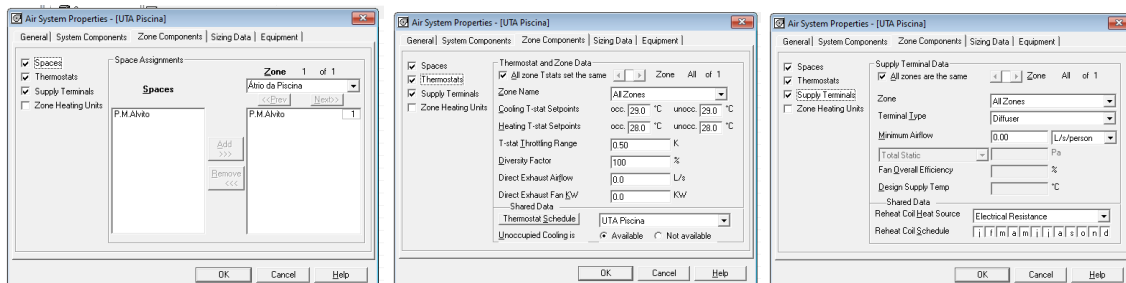


Figura 71- Caracterização dos componentes da zona. (Hourly Analysis Program).

## 4.2.2. Seleção de Equipamentos

Para efectuar a ventilação e desumidificação da nave da Piscina Municipal do Alvito, é escolhida a marca Dantherm, que disponibiliza dentro do modelo Danx vários tipos de equipamentos para a realização destas funções. Os equipamentos existentes dentro deste modelo seleccionado, tem como característica principal, a forma como o ar de retorno da nave da piscina é desumidificado e a possibilidade de fornecer até 100% de ar novo para um maior nível de conforto [29].

Posto isto, o equipamento seleccionado para este projecto é a DanX XWPS, sendo este um desumidificador de ventilação com um permutador de calor cruzado, com uma bomba de calor no seu interior. Este equipamento garante uma redução nos custos operacionais, consumos de energia e ainda um controlo sistemático na adição de ar externo para a manutenção de um ambiente agradável no interior [29]. Uma das principais características do equipamento seleccionado, é a possibilidade da utilização de “free cooling”, característica que muitas vezes é necessária em piscinas com dimensões consideráveis e com uma grande área de vãos envidraçados. Na figura 78, encontram-se esquematizado os vários constituintes deste equipamento.

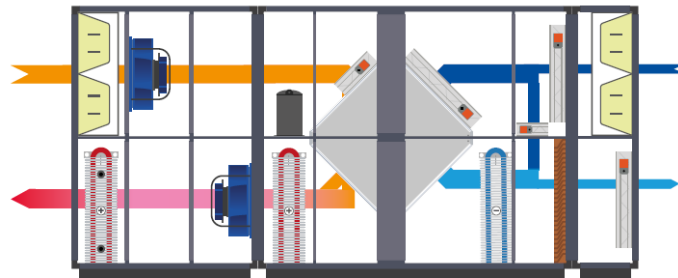


Figura 72- Bomba de calor com desumidificação a implementar na Piscina Municipal do Alvito [29].

Ao longo do dia, este equipamento que se pretende instalar pode funcionar em diferentes regimes, conforme as necessidades no interior da nave. No período noturno, após o encerramento da piscina ao público, não é necessária a mesma renovação de ar e desumidificação igual à exigida, quando a piscina está em funcionamento. Assim, como esquematizado na figura 79, o equipamento pode funcionar em modo de recirculação sem entrada de ar novo, e assim o ar proveniente da nave é recirculado e aquecido. A bomba de calor encontra-se parada e as pás dos ventiladores, funcionam com uma velocidade reduzida para economizar energia.

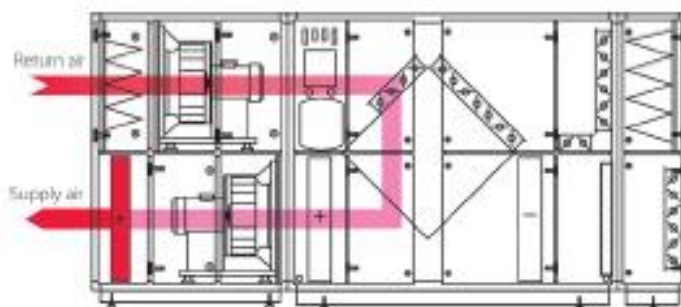


Figura 73- Esquematização de recirculação de ar no período noturno [29].

Também no período noturno, pode ser necessário efectuar a desumidificação do ar no interior da nave e uma vez mais, tal como no caso anterior, não existe entrada de ar novo no sistema, procedendo-se assim à recirculação do ar proveniente da nave da piscina. Por forma a manter, uma queda de pressão baixa e obter uma boa capacidade de desumidificação, apenas uma parte do ar proveniente da piscina passa pelo permutador de calor e é arrefecido, antes de ser desumidificado no evaporador. Posteriormente, o ar desumidificado é novamente aquecido e misturado com o recirculado ar da piscina, antes que este caudal total de ar seja aquecido no condensador.

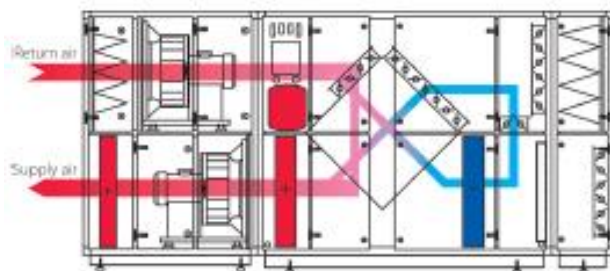


Figura 74- Esquemática de desumidificação de ar no período noturno [29].

Uma vez esquematizado o funcionamento do equipamento no período noturno, é agora demonstrado o funcionamento do mesmo, no período diurno durante os dias de verão e inverno. Conforme demonstrado na figura 81 no período diurno de inverno, o equipamento está a funcionar com a entrada de ar novo reduzido, sendo este o valor mínimo necessário para cumprir as exigências de conforto e higiene no interior da nave. Por forma, a garantir-se uma boa capacidade de desumidificação na bomba de calor, apenas uma parte do ar húmido proveniente da nave passa pelo permutador de calor e pelo evaporador. Em seguida, uma parte do ar é removida para o exterior e outra junta-se com o ar novo. Estas duas correntes de ar são então pré-aquecidas no permutador de calor e posteriormente no condensador da bomba de calor. Neste caso, os ventiladores funcionam normalmente com uma velocidade elevada e se a capacidade de humidificação não for suficiente para as necessidades impostas, é possível aumentar a quantidade de ar novo no sistema.

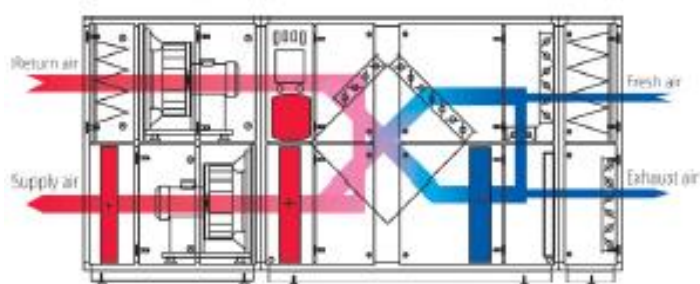


Figura 75- Esquemática do funcionamento no período diurno Inverno [29].

No período diurno de Verão, existe a possibilidade do equipamento funcionar com 100% de ar novo exterior. A bomba de calor e o reaquecedor estão temporariamente interrompidos, enquanto a temperatura estiver de acordo com as necessidades no interior da nave. Neste caso os ventiladores encontram-se a funcionar normalmente com uma velocidade elevada, por forma a garantir o bom funcionamento do sistema, e como se pode verificar na figura 82, neste modo de operação, a desumidificação é feita com ar novo.

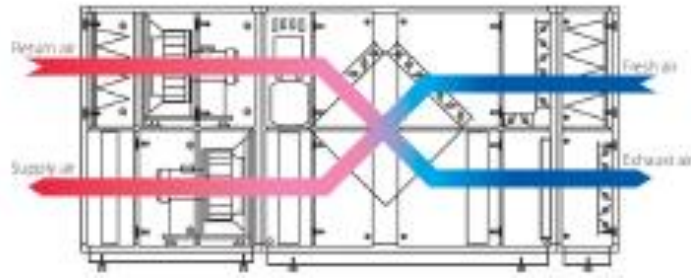


Figura 76- Esquemática do funcionamento no período diurno Verão [29].

A distribuição e circulação de ar no interior da nave de uma piscina coberta tem um papel fundamental no funcionamento de uma instalação. Uma vez adicionado ar exterior para o interior da nave, é crucial que se proceda a uma extração correcta, por forma a garantir que não se crie uma sobrepressão na nave, levando à ocorrência de condensação ao longo das paredes. Por forma a garantir uma pressão negativa, o volume de extração de ar deve ser 10% superior ao volume de ar introduzido no interior da nave [29]. No caso da humidade relativa no interior da mesma ser usada como dado de entrada para o desumidificador funcionar, é importante que este sensor esteja localizado num local apropriado. Se o mesmo for instalado sob influência de radiação solar ou atingido por salpicos de água levará à ocorrência de erros nas medidas [29]. O ar de retorno, conduzido de volta ao equipamento, deve ser extraído do lado oposto ao final da nave, por forma a evitar as “zonas mortas”, zonas estas onde o ar não é suficientemente substituído. Deve-se assim posicionar as grelhas de extração a uma altura de 3 a 5 metros acima do chão, por forma a evitar curto-circuito entre o ar introduzido no interior da nave e o ar de extração. Na figura 83 está representado um sistema de distribuição de ar de uma piscina coberta.

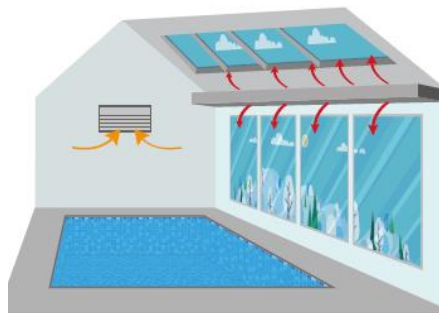


Figura 77- Representação de distribuição de ar em nave de piscina coberta [29].

Os injectores de insuflação, que se pretendem instalar ao longo da conduta de ar na nave da piscina municipal do alvito, são um tipo de acessório próprio para a ventilação de espaços interiores de grandes áreas. Estes injectores são caracterizados pela sua longa distância de projecção de ar, excelentes propriedades acústicas, e ainda pela sua ajustabilidade para descargas de ar horizontal, sendo que o ângulo de descarga do equipamento pode ser ajustado entre  $-30^\circ$  a  $+30^\circ$ , manualmente ou com auxílio de um actuador [31]. Os referidos injectores, têm uma caixa esférica adicional por forma a encontrarem-se já preparados para encaixe por pressão directamente em condutas circulares ou rectangulares, podendo também ser instalados em superfícies planas. Na figura 84, está esquematizado o tipo de injector a implementar neste caso projecto.



Figura 78- Injector de ar a implementar na Piscina Municipal do Alvito, tipo DUK, Trox Technik [31].

Considerando, as necessidades de renovação de ar no interior da nave da Piscina Municipal do Alvito e garantindo-se as condições de conforto térmico, os injectores são dimensionados para um caudal de ar insuflado de  $18720 \text{ m}^3/\text{h}$ , sendo que, por forma a assegurar uma homogeneidade no interior a nave, são instalados 33 injectores ao longo da conduta de insuflação, como se pode verificar na figura 86.

Neste projecto, os injectores seleccionados por forma a cumprir com os requisitos exigidos, são os de tipo DUK da marca TROX Technik, em alumínio, com um diâmetro nominal de 315 mm, garantido um caudal unitário de  $666 \text{ m}^3/\text{h}$ , um ruído inferior a 15 dB e ainda um alcance de 10 metros. De acordo com o estipulado na Directiva CNQ 23/93, o nível de perturbação acústica nas zonas de banho, resultante do funcionamento de equipamentos da instalação, não deve ultrapassar a intensidade de 40 dB, encontrando-se assim, o equipamento seleccionado, dentro dos valores recomendados. A seleção do referido equipamento consta do anexo 19.

Tal como os injectores de insuflação, também as grelhas de extração são um acessório fundamental para garantir o bom funcionamento da instalação, garantindo-se deste modo as condições de conforto térmico, exigidas no interior da nave. Quanto às grelhas de extração seleccionadas, em aço galvanizado, são os acessórios terminais em uma instalação de climatização de um espaço e com a finalidade de extrair o ar existente no interior da nave. Conforme atrás referido para os injectores, também estas grelhas têm lâminas, com a possibilidade de serem ajustadas individualmente conforme a inclinação desejada. Na figura 85, encontra-se esquematizada uma grelha de extração, igual à que se pretende implementar neste projecto.



Figura 79- Grelha extratora de ar a implementar na Piscina Municipal do Alvito, Tipo TRS, Trox Technik [32].

Considerando as necessidades de renovação de ar anteriormente mencionadas, e tendo em conta, a possibilidade de instalação destas grelhas de extração de ar em paredes, soleiras ou condutas rectangulares, as grelhas de extração seleccionadas, por forma a cumprir os requisitos exigidos, são do tipo TRS, com uma dimensão de  $1225 \times 225 \text{ mm}$ . Pretende-se instalar 7 grelhas de extração ao longo da parede Noroeste, cada uma com um caudal de extração de  $2674 \text{ m}^3/\text{h}$ . A seleção deste acessório está no anexo 20.

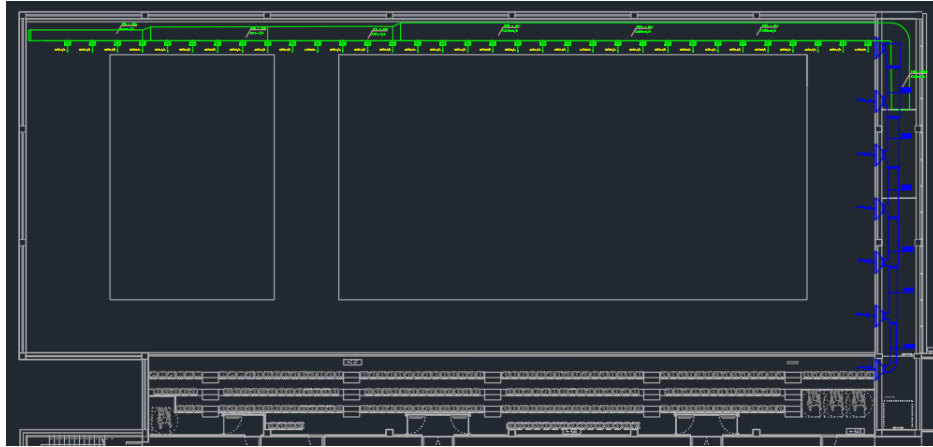


Figura 80- Implementação das condutas de insuflação e extração de ar na nave da Piscina Municipal do Alvito.

Para seleccionar o equipamento que se pretende instalar, são verificadas as temperaturas à entrada e à saída da UTA, com recurso ao *software* *HDPsyCHART*, e obtidas as condições das mesmas. Como se verifica na figura 87, a temperatura de bolbo seco à entrada é de 28,5°C e a temperatura de bolbo húmido é de 20,1°C. Quanto à saída, a temperatura de bolbo seco é de 11°C e a temperatura de bolbo húmido é de 10,4°C. Posto isto, foi possível obter o valor da capacidade de desumidificação, sendo este de 83,5 kg/h. No anexo 21 está esquematizado o diagrama psicrométrico das condições à entrada e saída da UTA.

Start Point		Process		Current Point	
Entrada		Cooling Coil		DB 11.000	
				WB 10.40000	
Air Flow	5 201			Air Flow	5 201
DB	28.500			DB	11.000
WB	20.100			WB	10.400
RH	46.38			RH	93.11
W	11.34			W	7.62
v	0.870			v	0.815
h	57.516			h	30.202
DP	15.894			DP	9.928
d	1.1628			d	1.2371
vp	13.5477			vp	9.1663
AW	13.034			AW	9.360
		<input type="checkbox"/> Total Cooling -170.624 <input type="checkbox"/> Total Energy -170.624 <input type="checkbox"/> Sensible Energy -111.397 <input type="checkbox"/> Latent Energy -59.227 <input type="checkbox"/> Dehumidification -83.5 <input type="checkbox"/> Sensible Heat Ratio 0.653 <input type="checkbox"/> Enthalpy/Humidity Ratio 7.339			

Figura 81- Obtenção da capacidade de desumidificação (*HDPsyCHART*).

Uma vez determinada a capacidade de desumidificação necessária no interior da nave, é então definido o equipamento a instalar na Piscina Municipal do Alvito. Os equipamentos seleccionados são duas bombas de calor XWPS 12/24 da marca Dantherm, equipamento que garante um caudal de insuflação até 21500 m<sup>3</sup>/h e uma capacidade de desumidificação até 122 kg/h, encontrando-se assim dentro dos parâmetros necessários no interior da nave. No anexo 22, estão definidas todas as características do equipamento seleccionado.

Após definido o equipamento a instalar, ficam conhecidas as características principais da bomba de calor, tais como a capacidade calorífica de 139,3 kW e o COP de 5,2. Com a caracterização da bomba de calor, já é possível com recurso do *software* *Hourly Analysis Program*, introduzir o equipamento no sistema da Piscina Municipal do Alvito, anteriormente dimensionado. Como demonstrado na figura 88, é definida uma temperatura do ar exterior de

5,5°C, a capacidade calorífica e o COP retirados do catálogo do equipamento, e ainda a definição do método de aquecimento auxiliar quando a temperatura se encontra inferior a 4,4°C evitando-se assim a congelação e consequente não funcionamento do sistema.

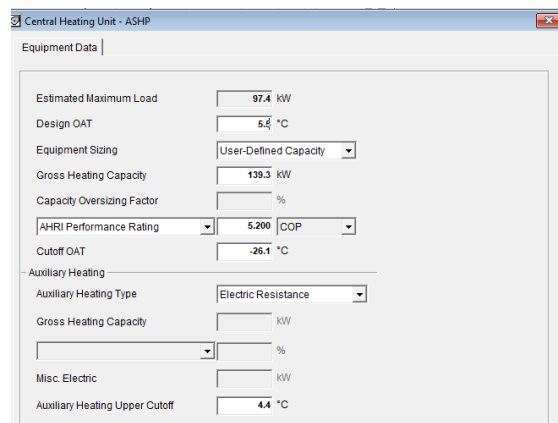


Figura 82- Caracterização do equipamento (Hourly Analysis Program).

Finalizada a simulação de introdução das bombas de calor no sistema da Piscina Municipal do Alvito, foi possível verificar-se a poupança de energia primária proveniente desta solução. Na tabela 12, consta o resultado desta simulação, realizada com recurso ao *software Hourly Analysis Program*, onde é evidente o impacto na redução de consumo de energia primária, com a introdução de uma bomba de calor para realizar a climatização da nave. A redução do consumo de gás natural queimado nas caldeiras é de 73,4%, e o aquecimento é assegurado pelas bombas de calor com recurso a gás natural e energia eléctrica. A redução significativa que se verifica deve-se ao elevado COP do equipamento seleccionado, que neste caso, para gerar 5 kWh de energia térmica apenas é necessário 1 kWh de energia eléctrica.

Tabela 12- Consumo Energético para Climatização Piscina Municipal do Alvito.

	Sistema Sem Bomba de Calor	Sistema Com Bomba de Calor	
	Consumo de energia (Gás Natural) kWh	Consumo de Energia (Gás Natural) kWh	Consumo de Energia (Eléctrica) kWh
<b>Janeiro</b>	38451	15673	2897
<b>Fevereiro</b>	31921	11234	2086
<b>Março</b>	27438	9528	1758
<b>Abril</b>	22395	6810	1253
<b>Maio</b>	17457	3266	605
<b>Junho</b>	13290	609	111
<b>Julho</b>	13384	136	25
<b>Agosto</b>	13840	441	81
<b>Setembro</b>	15495	581	106
<b>Outubro</b>	24592	4005	731
<b>Novembro</b>	30916	9079	1655
<b>Dezembro</b>	37905	14978	2740
<b>Total</b>	<b>287084</b>	<b>76340</b>	<b>14048</b>

Calculada a redução do consumo de gás natural, pretende-se agora, comparar a poupança monetária, possível de garantir com a implementação de um sistema com as duas bombas de calor. Os custos energéticos para o sistema sem bomba de calor e com bomba de calor encontram-se

calculados na tabela 13. Como se pode constatar, através desta solução de climatização da nave, é possível reduzir-se os custos de energia primária em 60,8%. De acordo com o anteriormente efectuado no dimensionamento da instalação solar térmica, também aqui se pretende calcular o benefício ambiental com a implementação deste sistema de bomba de calor. Com esta instalação, são evitadas as emissões de gases com efeito de estufa, em 56,47 toneladas de dióxido de carbono por ano.

*Tabela 13- Custo Energético de Sistema Sem Bomba de Calor e Com Bomba de Calor.*

	Sistema Sem Bomba de Calor	Sistema Com Bomba de Calor	
	(Gás Natural)	(Gás Natural)	(Electricidade)
<b>Consumo de Energia [kWh]</b>	287084	76340	14048
<b>Rendimento da Caldeira (92%)</b>	312048	82978	-
<b>Custo [€/kWh]</b>	0,0501	0,0501	0,1395
<b>Custo Energético [€]</b>	15633,6	4157,2	1959,7

### 4.3. Cobertura Térmica da Piscina

Resulta do atrás concluído, que as perdas de calor no interior de uma piscina ocorrem essencialmente no plano de água através da evaporação. Assim, de modo a minimizar significativamente as reduções de temperatura da piscina nos períodos de não utilização, como por exemplo durante a noite, recomenda-se a instalação de uma cobertura sobre a superfície da água, evitando-se a ocorrência de uma evaporação considerável. A instalação de uma cobertura térmica ao longo do plano de água, é uma medida com um período de retorno muito reduzido, devendo ser uma regra a adoptar, tanto nas piscinas de uso público, como privado.

No caso de piscinas cobertas, tal como a Piscina Municipal de Alcântara, a introdução de uma cobertura sobre a superfície da água, permite reduzir até 90%, o consumo de água bem como de energia e químicos utilizados na água, reduzindo o tempo de funcionamento dos equipamentos de tratamento de ar e conseqüentemente a energia utilizada por estes.

Os materiais utilizados nestas coberturas, devem ser resistentes à radiação ultravioleta e à temperatura, são fabricadas em polietileno laminado azul, com 5 mm de espessura, com película de PVC azul no lado superior e película de polietileno transparente do lado da água [33]. Para que tenha eficácia, a colocação deste acessório requer um manuseamento cuidadoso por parte dos operadores, de modo a evitar ocorrência de acidentes, reduzindo assim o tempo de vida útil do material, mas fundamentalmente, para que não se acumule parte de água no seu topo, provocando o efeito inverso ao pretendido, isto é, um maior arrefecimento da água. Constan da figura 89, dois exemplos de coberturas utilizadas em piscinas.

Como mencionado na Norma NP EN 15288-1:2009, designada por “Piscinas Parte 1: Requisitos de segurança e concepção”, quando colocadas estas coberturas, devem suportar uma carga vertical de 1000N sobre uma área de 0,5m x 0,5m na posição mais desfavorável, devendo ainda cobrir a superfície total do tanque.

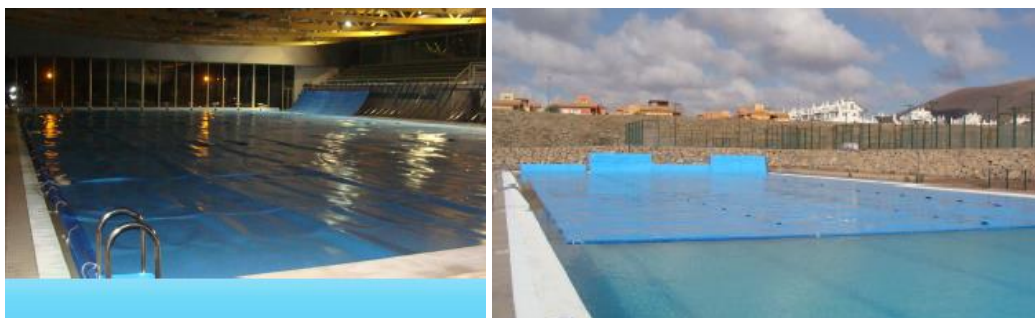


Figura 83- Coberturas térmicas utilizadas em piscinas interiores e exteriores [33].

Considerando o horário de funcionamento da Piscina Municipal do Alvito, de segunda-feira a sexta-feira, das 7 horas às 21 horas, sábados das 7 horas às 14 horas e encerrada aos domingos e feriados, seria possível cobrir a piscina um total de 5337 horas ao longo de um ano. Na tabela 15, demonstra-se a poupança anual possível de obter com a instalação de uma cobertura, durante as horas em que não há banhistas na água.

Tabela 14- Poupança de gás natural e de água na Piscina Municipal do Alvito.

<b>Poupança Anual</b>			
<b>Gás Natural</b>		<b>Água</b>	
Perdas térmicas evitadas (kWh/ano)	159076,3	Perda de água evitada (m <sup>3</sup> /ano)	148,06
Preço Gás Natural (€/kWh)	0,0501	Preço água (€/m <sup>3</sup> )	1,47
Poupança Anual (€)	7969,72	Poupança anual (€)	217,64

Assim, como decorre da tabela 14, com a instalação de uma cobertura ao longo do plano de água, é possível obter-se uma poupança anual de 8.187,37 euros. Como nos dias de hoje, a visão não pode ser única e exclusivamente monetária, com a referida cobertura, é ainda calculada a redução significativa de gases de dióxido de carbono emitidos para a atmosfera, utilizando como indicador 268,77 g/kWh, obtém-se uma redução de 42,63 toneladas por ano.

Por forma a poder viabilizar-se esta solução e conhecer os preços das coberturas térmicas, foi solicitado um orçamento, para instalação de duas coberturas térmicas espuma 25 x 6,25 metros e ainda dois enroladores com suportes móveis para vão de 6,25 metros, à empresa “Eurocover – Fabrico e Comerc. de Coberturas Têxteis, Lda.”. Do anexo 23, consta a proposta apresentada por esta empresa, à consulta efectuada. Na figura 90 está esquematizada a solução pretendida instalar na Piscina Municipal do Alvito.

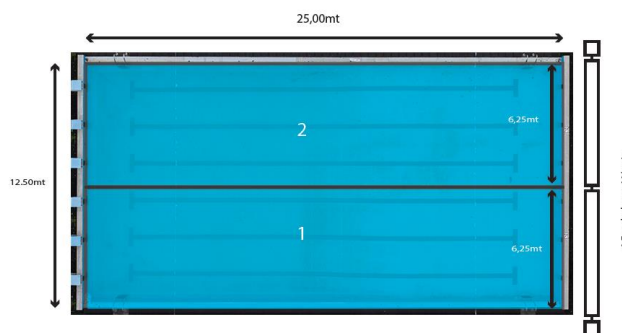


Figura 84- Solução proposta para a Piscina Municipal do Alvito [33].

#### 4.4. Viabilidade Económica das Soluções Apresentadas

Em conjunto com a eficiência das soluções propostas nesta dissertação, é necessário ter em conta o custo de investimento alocado, que terá um grande peso na tomada de decisão para a implementação das soluções na Piscina Municipal do Alvito. Após a análise das poupanças energéticas, das soluções anteriormente referidas, na tabela 15, está demonstrado o cálculo do período de retorno simples, para que seja possível avaliar, se cada uma das soluções apresentadas são viáveis economicamente.

*Tabela 15- Período de Retorno Simples das Soluções.*

<b>Designação</b>	<b>Custo de Investimento [€]</b>	<b>Poupanças Energéticas [€]</b>	<b>Período de Retorno [Anos]</b>
Colectores Solares	75.000,00	6.219,59	12,06
Cobertura de Piscina	25.204,25	8.187,37	3,08
Bombas de Calor	220.000,00	9.516,70	23,12

Considerando as soluções apresentadas, a cobertura da piscina é a solução com o período de retorno mais reduzido, não sendo necessário um grande investimento comparativamente com as restantes, consegue-se obter poupanças energéticas significativas, posto isto, conclui-se que a cobertura da piscina é uma solução viável economicamente. Quanto à solução dos colectores solares, envolve um maior investimento e um período de retorno de 12 anos, pode ser considerado uma solução viável, todavia, é necessário considerar um tempo de vida útil para o sistema de 20 anos. Em relação à solução das bombas de calor, não é uma solução viável, visto que o período de retorno é de 23 anos, significativamente superior às anteriores soluções apresentadas.

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Considerando que as piscinas municipais, tal como demonstrado nesta dissertação, são equipamentos desportivos que consomem grandes quantidades de energia e de água, torna-se crucial tomar medidas que reduzam estes consumos e proceder-se a uma melhoria da eficiência energética existente, por forma a alterar estes números. A utilização de energias renováveis proporciona a obtenção de energia limpa, reduzindo assim as emissões de gases com efeito de estufa.

Foram verificados os tipos de perdas térmicas associadas ao interior da nave da Piscina Municipal do Alvito, sendo que as mais relevantes correspondem às perdas por evaporação, representando 61% das perdas totais, já que tanto as perdas térmicas por radiação e renovação correspondem a 20% das perdas totais existentes na nave.

Ao longo do ano de 2019 a Junta de Freguesia de Alcântara contabilizou uma despesa de 75.036,08€ em custos de gás natural e ainda 14.907,06€ em água, valores estes associados a um consumo de 1.223.381 kWh e 9.229,47 m<sup>3</sup> respectivamente.

Um dos principais objectivos desta dissertação foi a implementação de um sistema de aquecimento solar térmico para as necessidades de águas quentes sanitárias. Tal como foi possível concluir, utilizando a área total disponível na cobertura, pretende-se instalar 51 colectores solares da BaxiRoca SOL 250H, o que corresponde a um investimento inicial de 60.690€. A recuperação do capital investido ocorre após o décimo segundo ano desde a aquisição. Considerando 20 anos,

um tempo de vida útil destes sistemas, conclui-se que é um sistema rentável para a Junta de Freguesia de Alcântara. Acresce, que com esta instalação, é ainda possível evitar-se a emissão de gases com efeito de estufa em 23.16 toneladas de dióxido de carbono, por ano, para a atmosfera.

Outro dos objectivos, foi a implementação de uma bomba de calor por forma a proceder-se à climatização e desumidificação da nave da Piscina Municipal do Alvito. De acordo com o que foi possível concluir, pretende-se instalar-se duas bombas de calor XWPS/XKS 12/24 da marca Dantherm. Com esta solução, consegue-se assegurar uma redução do consumo de gás natural de 73,4%. São ainda evitadas as emissões de gases com efeito de estufa em 56,47 toneladas de dióxido de carbono por ano.

Por forma a reduzir os consumos de gás natural e de água da instalação, foi calculada a poupança anual, proveniente da instalação de uma cobertura no plano de água, no período em que não há banhistas na piscina. Assim, com esta implementação, atinge-se uma poupança anual de 8.187,37€ correspondendo a uma redução de 42,63 toneladas de dióxido de carbono para a atmosfera.

Atentas as precedentes conclusões do tema da presente dissertação, “Aquecimento de Água de uma Piscina Municipal a Partir de Sistema Solar-Térmico com Apoio de Bomba de Calor”, e como complementaridade à eficácia da sua implementação, sugeriu-se a realização de algumas recomendações:

Realização de um estudo de viabilidade económica para possível instalação de um sistema solar fotovoltaico, por forma a reduzir os gastos associados com electricidade;

Realização de uma análise económica detalhada, contemplando todos os equipamentos da instalação, por forma a obter um período de retorno do investimento mais aproximado da realidade;

Elaboração de um plano de manutenção, tanto para a instalação solar térmica a implementar, como para os vários equipamentos do sistema;

Elaboração de um estudo energético a toda a instalação, de modo a certificar energeticamente a Piscina Municipal do Alvito;

Realização de acções de sensibilização com os utilizadores da Piscina Municipal do Alvito, para que sejam alterados alguns comportamentos dos mesmos no interior da instalação, como por exemplo a redução do tempo de banhos após a prática de exercício físico;

A instalação de cortinas em tiras de PVC flexível transparente é ideal para a separação de ambientes, evitando assim a entrada de sujidade e reduzindo substancialmente o consumo de energia eléctrica, evitando a troca de ar entre ambientes.

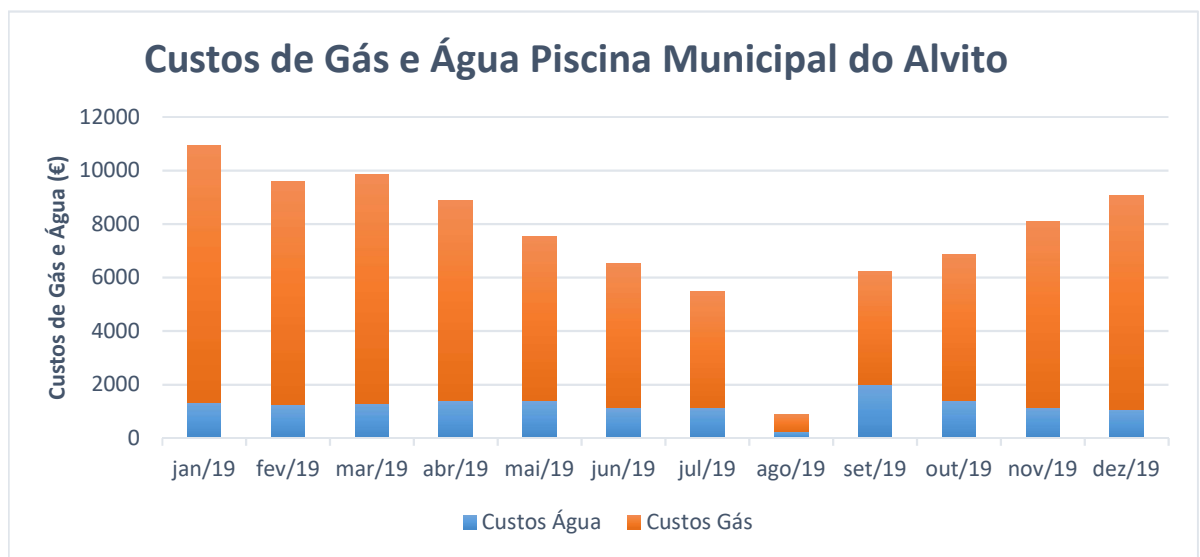


- [19] Junkers, “Catálogo Consumidor” - Regulação Solar, TDS 050 [Online] em [https://www.junkers.pt/consumer/produtos\\_consumidor/catalogo\\_consumidor/product\\_3648](https://www.junkers.pt/consumer/produtos_consumidor/catalogo_consumidor/product_3648). 2019. [Acedido em Janeiro 2020].
- [20] CNQ 23/93, Directiva CNQ 23/93 – A Qualidade nas Piscinas de Uso Público. Conselho Nacional de Qualidade. Lisboa, 1993.
- [21] Circular Normativa n.º14/DA de 21 de Agosto de 2009. Programa de vigilância sanitária de piscinas. Direcção-Geral da Saúde.
- [22] Câmara Municipal de Lisboa, Juntas de Freguesia [Online] em <http://www.cm-lisboa.pt/municipio/juntas-de-freguesia/freguesia-de-alcantara>. [Acedido em Abril 2019].
- [23] Câmara Municipal de Lisboa, Planeamento Urbano [Online] em <http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano>. [Acedido em Maio 2019].
- [24] Câmara Municipal de Lisboa, Piscina Municipal do Alvito [Online] em <http://www.cm-lisboa.pt/equipamentos/equipamento/info/piscina-do-alvito>. [Acedido em Abril 2019].
- [25] Maillo, A. Ciatesa - *Compañia Industrial de Aplicaciones Térmicas, SA. “Climatización de piscinas cubiertas*. 2005.
- [26] *The Engineering toolbox*, [Online] em [https://www.engineeringtoolbox.com/water-properties-d\\_1573.html?vA=27&units=C#](https://www.engineeringtoolbox.com/water-properties-d_1573.html?vA=27&units=C#). [Acedido em Junho 2019].
- [27] Aguiar, R., Coelho, R., Manual de Instalação e Utilização do *software* Solterm, Lisboa: Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. 2012.
- [28] Vulcano, Depósitos Soluções para Água Quente Sanitária. 2019.
- [29] Dantherm, *Selection Guide Dehumidification of Swimming Pools*. 2016.
- [30] Frade, J., Severo, F., Climatização Geral, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa. 2006.
- [31] TROX TECHNIK, *Jet Nozzles – Type DUK. For installation into walls and onto rectangular and circular ducts, adjustable and fixed – made of aluminium*. 2017.
- [32] TROX TECHNIK, *Ventilation grilles for installation into walls, sills or rectangular duct*. 2017.
- [33] Eurocover, Catálogo Coberturas Térmicas Eurocover [Online] em <http://www.eurocover.pt/index.php?id=4&u=31&v=43> [Acedido em Maio 2020].

## **Anexos**

## Custos de Gás Natural e Água na Piscina Municipal do Alvito

	GÁS		ÁGUA	
	Consumo (kWh/mês)	Custos (€)	Consumo (m <sup>3</sup> )	Custos (€)
jan/19	158721	9582.95	840.05	1347.03
fev/19	136735	8332.24	783.77	1253.21
mar/19	139207	8522.42	814.56	1311.04
abr/19	124251	7500.34	874.42	1394.55
mai/19	95253	6130.07	874.04	1397.92
jun/19	87354	5390.36	701.76	1142.38
jul/19	65951	4304.36	713.46	1163.38
ago/19	803	646.97	83.73	243.69
set/19	66868	4218.85	1299.25	2015.02
out/19	91670	5463.17	882.15	1409.76
nov/19	118916	6950.71	713.26	1159.17
dez/19	137652	7993.62	649.02	1069.91
<b>TOTAL</b>	<b>1223381</b>	<b>75036.08</b>	<b>9229.47</b>	<b>14907.06</b>



## Cálculo Perdas Térmicas Por Renovação e Compensação de Água

Segundo DR 5/97 Secção II Artigo 21 nº5 b:

Mínimos Decreto Regulamentar:	
Tanque 1(m <sup>3</sup> ):	25
Tanque 2(m <sup>3</sup> ):	8

Existente na Instalação:	
Tanque 1(m <sup>3</sup> ):	46.08
Tanque 2(m <sup>3</sup> ):	15.21

Ou seja, está de acordo com o Decreto Regulamentar

Segundo DR 5/97 Secção III Artigo 32 nº1 c:

Reposição diária mínima poderá ir até 5% do volume por questões de Higiene

Volume Piscina (m <sup>3</sup> ):	548.8
Água Renovada(m <sup>3</sup> ):	27.44

### Gasto Energético (Perdas Caloríficas por Renovação)

Água Renovada(m <sup>3</sup> /dia)	27.44
Água Renovada(kg/dia)	27440
Água Renovada(kg/s):	0.317593
Pre (kW)=	15.93044
<b>Pre (W)=</b>	15930.44
Pre(MJ/dia)=	1376.39
Pre kWh/dia=	382.3307

## Cálculo Perdas Térmicas Por Radiação

Segundo NP4448/2007 A.3:

- $\epsilon_w$  representa a emitância de grande comprimento de onda da água = 0,95;  
 $\sigma$  representa a constante de Stefan-Boltzmann, igual a  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ;  
 $h_r$  representa o coeficiente de transmissão de calor por radiação, em watts por metro quadrado e grau Kelvin [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] (ver nota 5);  
 $T_w$  representa a temperatura da água, em graus Kelvin;  
 $T_s$  representa a temperatura do céu, em graus Kelvin (ver nota 6);

### Dados

$\epsilon_w =$	0.95
$\sigma \text{ (W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)=$	5.67E-08
$t_w \text{ (K)}=$	300.15
$t_s \text{ (K)}=$	293.15
$A \text{ (m}^2)=$	412.5

### Gasto Energético (Perdas Caloríficas Por Radiação)

Pr (MJ/m <sup>2</sup> .dia)=	3.402
Pr (MJ/dia)=	1403.45
<b>Pr (W)=</b>	16243.60
kWh/dia =	389.85

## Cálculo Perdas Térmicas Por Evaporação

Dados	
We 27°C (kgagua/kgar):	0.0225
Was 29°C (kgagua/kgar):	0.0255
Humidade Relativa (%):	0.7
Banhistas	65
Área (m <sup>2</sup> ):	412.5
Espectadores	25
Cv 27°C: (Wh/kg)	676.9
Massa Volumica Kg/m <sup>3</sup>	1000

Ciaatesa:	
T °C	W [ kgagua/kgar ]
24	0,0187
25	0,0200
26	0,0213
27	0,0225
28	0,0240
29	0,0255
30	0,0270

Heat of vaporization of water at 27 degree C:

43.9 kJ/mol  
 2437 kJ/kg  
 676.9 Wh/kg  
 582.1 kcal/kg

Taxa de Evaporação (kg/h)		
Repouso	Agitado	Total
30.69	42.70	73.39

Perdas Caloriíficas Por Evaporação	
Pe (W)=	49677.18
Pe (MJ/dia)=	4292.11
Pe (kWh/dia)=	1192.25

Água Evaporada (kg/dia)		
14h Aberta	10h Fechada	Total
597.79	306.90	904.69

	Água Evaporada (m <sup>3</sup> /dia)		
<b>Normal</b>	0.5978	0.3069	0.9047
<b>Sábado</b>	0.2989	0.5217	0.8206
<b>Encerrada</b>	0.0000	0.7366	0.7366

Água Evaporada (m <sup>3</sup> /ano)	
<b>Normal</b>	68.13
<b>Sábado</b>	23.48
<b>Encerrada</b>	72.18
<b>Total</b>	163.79

### Consumo Diário (L/dia)

DIA	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1		11088	10857	11011		8008	8624	0		11088			
2	8932	7084	8316	13090	13552		7084	0	0	13398	6776	11935	
3	12628			10857	11088	10472	7238	0	0	11781		11781	
4	11781	11165	10934	12859	8855	11858	8008		0	10395	10703	9163	
5	6391	11396		11396		11242	7546	0	0		11781	10780	
6		9548		7392	11473	11088	7161	0	0		11242	11473	
7	11781	10549	11396		12859	11781		0	0	11011	10472	6468	
8	12397	11088	12012	12012	11396	7623	9086	0		12166	11473		
9	9548	6853	10241	12551	14168		8316	0	8701	9779	6391	11396	
10	14014			10780	12628		10395	0	8470	11088		12859	
11	12012	10780	11088	11088	7238	12628	6699		9086	12551	10318	9163	
12	8008	13090	11473	14091		11242	7700	0	8932	7623	12089	11781	
13		11088	11550	8855	11011	11473	7392	0	7931		9548	12705	
14	13398	13629	11627		12936	11627		0	6622	10934	11396	6314	
15	11704	10857	12320	12628	12705	7315	9394			10780	12782		
16	9317	6930	7392	11858	13090		7931	0	11858	10241	6468	10395	
17	13090			11319	11858	10626	8239	0	11781	12243		10241	
18	12551	11088	11242	11704	7546	10395	7700		9240	10241	10164	9548	
19	8393	11165	11627			10549	8008	0	11088	7315	12089	9394	
20		9163	10703	8393	13783		8316	0	13167		10087	9933	
21	9779	11319	13629		12243	11088		0	8470	10703	11704	8085	
22	12628	11935	10934	12474	13629	8239	9394	0		11858	10087		
23	9933	7623	7546	11935	12474		7546	0	10395	11396	5621	5621	
24	11088			12782	12012	10395	8778	0	11781	11396		5775	
25	13090	10703	13090		8085	11781	8393		10241	11550	9856		
26	6622	11935	12243	12936		10934	7469	0	13860	6699	11165	5698	
27		11319	11473	8547	11088	13167	6006	0	10934		10549	5313	
28	9548	11550	11781		13783	11242		0	7315	10472	12551	4928	
29	10780		11627	12782	10626	7084	8239	0		11627	10703		
30	10472		7084	11473	11396		7546	0	10318	9625	6545		
31	12397				13167		8008	0		10703			
<b>TOTAL</b>	<b>282282</b>	<b>252945</b>	<b>262185</b>	<b>274813</b>	<b>304689</b>	<b>241857</b>	<b>216216</b>	<b>0</b>	<b>190190</b>	<b>235620</b>	<b>235312</b>	<b>210749</b>	
<b>M^3</b>	<b>282.282</b>	<b>252.945</b>	<b>262.185</b>	<b>274.813</b>	<b>304.689</b>	<b>241.857</b>	<b>216.216</b>	<b>0</b>	<b>190.19</b>	<b>235.62</b>	<b>235.312</b>	<b>210.749</b>	<b>246.08</b>

Licenciado a Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
(Versão Educação)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de coletores

Modelo de coletor: Baxiroca SOL 250 H  
51 módulos (121.4 m<sup>2</sup>)  
Inclinação 35° - Azimute 26°

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 3.710 W/m<sup>2</sup>/K      a2= 0.016 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>

Rendimento óptico: 80.7%

Modificador de ângulo transversal:

0° : 1.00  
5° : 1.00  
10° : 1.00  
15° : 0.99  
20° : 0.99  
25° : 0.98  
30° : 0.98  
35° : 0.97  
40° : 0.96  
45° : 0.95  
50° : 0.93  
55° : 0.91  
60° : 0.88  
65° : 0.84  
70° : 0.79  
75° : 0.70  
80° : 0.53  
85° : 0.05  
90° : 0.00

Modificador de ângulo longitudinal:

0° : 1.00  
5° : 1.00  
10° : 1.00  
15° : 0.99  
20° : 0.99  
25° : 0.98  
30° : 0.98  
35° : 0.97  
40° : 0.96  
45° : 0.95  
50° : 0.93  
55° : 0.91  
60° : 0.88  
65° : 0.84  
70° : 0.79  
75° : 0.70  
80° : 0.53  
85° : 0.05  
90° : 0.00

Permutador

Externo, com eficácia 75%

Caudal no grupo painel/permutador: 41.7 l/m<sup>2</sup> por hora (=1.41 l/s)

---

---

Depósito

---

---

Modelo: Depósito 2000L  
Volume: 6000 l  
Área externa: 32.91 m<sup>2</sup>  
Material: médio condutor de calor  
Posição vertical  
Defletores interiores  
Coeficiente de perdas térmicas: 16.19 W/K

3 conjuntos depósito/permutador.

---

---

Tubagens

---

---

Comprimento total: 60.0 m  
Percurso no exterior: 40.0 m com proteção mecânica  
Diâmetro interno: 51.0 mm  
Espessura do tubo metálico: 1.5 mm  
Espessura do isolamento: 30.0 mm  
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K  
Condutividade térmica do isolamento: 0.030 W/m/K

---

---

Carga térmica: segunda a sexta

---

---

AQS (Média)

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
14	14	15	16	17	18	19	20	19	17	15	14

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	760	760	760	760	760	760	650		500	760	760	600
09	707	707	707	850	707	707	650		500	707	707	650
10	740	740	740	850	740	740	650		500	740	740	650
11	760	760	760	850	760	760	650		500	760	760	650
12	900	800	900	900	900	800	584		500	900	700	650
13	750	720	750	750	1000	722	500		550	650	750	655
14	750	750	750	950	950	750	500		550	750	750	700
15	750	640	750	750	750	750	500		600	750	750	650
16	750	748	720	750	750	750	500		550	750	750	658
17	750	750	750	750	750	750	500		657	696	750	750
18	900	900	1000	969	1002	800	650		650	900	650	650
19	790	790	790	790	1100	790	650		550	790	790	650
20	750	750	750	750	750	750	500		500	750	645	650
21	800	700	800	800	800	800	500		500	800	600	600
22												
23												
24												
diário	10857	10515	10927	11469	11719	10629	7984		7607	10703	10102	9163

Carga térmica: fim-de-semana

---

---

AQS (Média)

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
14	14	15	16	17	18	19	20	19	17	15	14

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	760	760	760	760	760	760	650		500	760	760	600
09	707	707	707	850	707	707	650		500	707	707	650
10	740	740	740	850	740	740	650		500	740	740	650
11	760	760	760	850	760	760	650		500	760	760	650
12	900	800	900	900	900	800	584		500	900	700	650
13	750	720	750	750	1000	722	500		550	650	750	655
14	750	750	750	950	950	750	500		550	750	750	700
15	750	640	750	750	750	750	500		600	750	750	650
16	750	748	720	750	750	750	500		550	750	750	658
17	750	750	750	750	750	750	500		657	696	750	750
18	900	900	1000	969	1002	800	650		650	900	650	650
19	790	790	790	790	1100	790	650		550	790	790	650
20	750	750	750	750	750	750	500		500	750	645	650
21	800	700	800	800	800	800	500		500	800	600	600
22												
23												
24												
diário	10857	10515	10927	11469	11719	10629	7984		7607	10703	10102	9163

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Lisboa

Altitude: 61 m

Coordenadas nominais: 38.7°N, 9.2°W

TRY para SOLTERM ( LNEG(2016) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt) [solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt))

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 26°

Balço energético mensal e anual

Mês	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	69	109	.	7519	18133	10613
Fevereiro	88	122	.	7904	15692	7788
Março	138	166	.	10536	17719	7183
Abril	174	185	.	11468	17764	6295
Maio	211	203	.	12041	18305	6263
Junho	229	209	.	11731	15456	3725
Julho	245	228	.	11097	11658	561
Agosto	208	213	.	0	0	0
Setembro	161	188	8.	9999	10877	878
Outubro	112	147	.	9817	16492	6674
Novembro	75	116	.	7767	15710	7943
Dezembro	55	86	.	5643	15104	9462
Anual	1765	1972	8.	105522	172909	67387

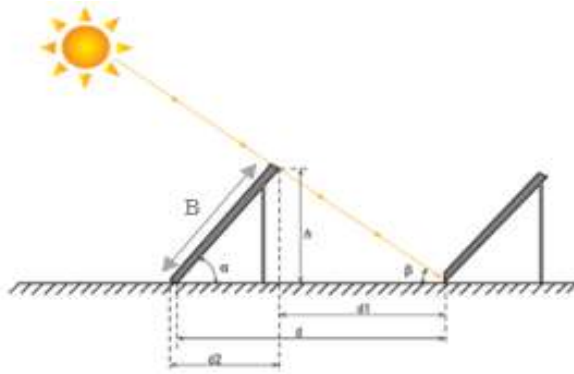
Fração solar: 61.0%

Rendimento global anual do sistema: 44%

Produtividade: 869 kWh/[m<sup>2</sup> coletor]

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa(Versão Educação) | 13/01/2021 15:12:41 |

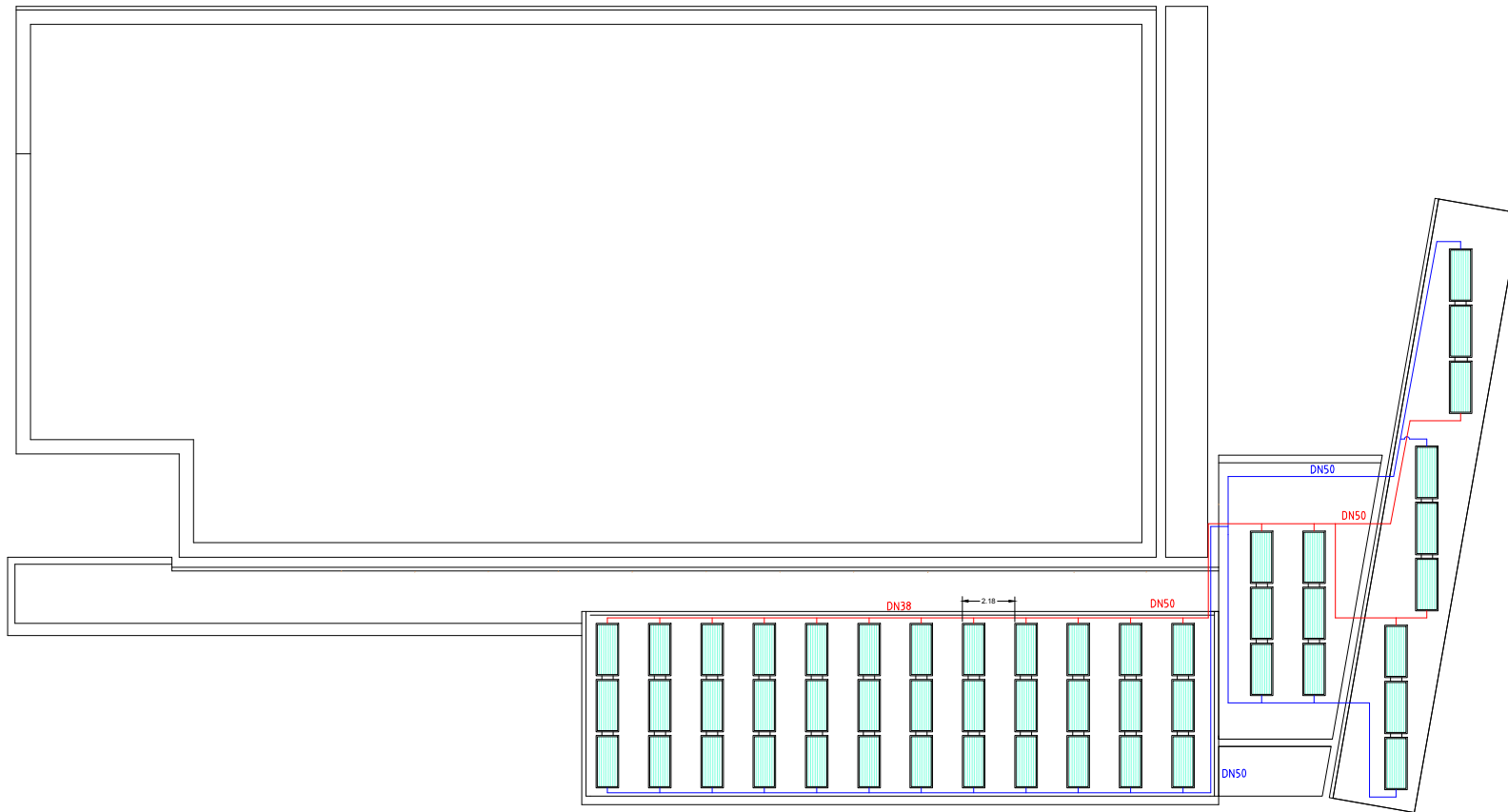
## Cálculo da Distância entre Colectores Solares



$$d = B * \left( \frac{\sin \alpha}{\tan \beta} * \cos \alpha \right)$$

<b>B=</b>	1.147
<b>tan B=</b>	27.8
<b>tan B=</b>	0.52724
<b>sin alfa=</b>	0.573576
<b>cos alfa=</b>	0.819152

**Distância em metros:** 2.187371



**DISSERTAÇÃO**

Aquecimento de Água a partir de um Sistema Solar-Térmico com apoio de Bomba de Calor.

**DESIGNAÇÃO**

Planta de Cobertura | Esquema de Instalação de Colectores Solares

**LOCALIZAÇÃO**

Piscina Municipal do Alvito

**DESENHADO**

Jorge Silva Carvalho

**VERIFICADO**

**APROVADO**

DATA 24/03/2021

ESCALA 1:300

DESENHO Nº

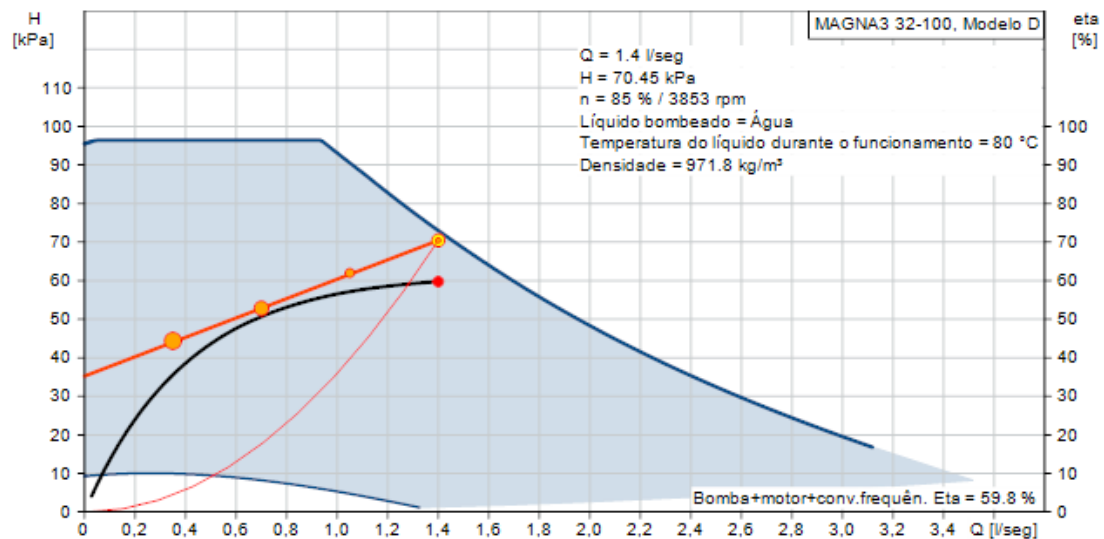
01

**Cálculo da Altura Manométrica da Bomba**

n.º	Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Troços												
					0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	
1.	<b>Tubagem</b>																
	Comprimento total de tubagem		L	m	43.26	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	14.06
	Material		M	-	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
	Diâmetro nominal da tubagem		D	mm	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Diâmetro interior da tubagem	Tabela "Tubagem"	Di	m	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43	50.43
	Secção de passagem	$Pi \times (D_i/1000)^2 / 4$	A	m²	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00115	0.00115	0.00115	0.00115	0.00115	0.00115	0.00115
	Caudal de água		q	L/s	1.40	1.32	1.24	1.15	1.07	0.99	0.91	0.82	0.74	0.66	0.58	0.49	
	Velocidade da água	$(q / 1000) / A$	v	m/s	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.86	0.79	0.72	0.65	0.57	0.50	0.43	
	Pressão dinâmica	$((1000 \text{ kg/m}^3) \times v^2) / 2$	Pd	kPa	0.25	0.22	0.19	0.17	0.14	0.37	0.31	0.26	0.21	0.16	0.13	0.09	
	Temperatura da água		T	°C	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
	Massa específica	Tabela "massa específica"	$\rho$	kg/m³	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20	983.20
	Coefficiente de rugosidade	Tabela "materiais"	C	-	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
	Perda de carga linear	Hazen-Williams (ASHRAE-Fund.Chap.35)	dp	Pa/m	103.66	92.64	82.21	72.34	63.07	209.30	178.17	149.32	122.87	98.78	77.45	57.98	
Perda Total Linear	dp x L	DP1	kPa	4.48	0.49	0.43	0.38	0.33	1.10	0.93	0.78	0.64	0.52	0.40	0.82		
2.	<b>Curvas a 90º</b>																
	Quantidade		Q2	-	12.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS	K	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	
	Perda Curvas a 90º	$Pd \times C2 \times Q2$	DP2	kPa	2.95	0.44	0.38	0.33	0.29	0.96	0.81	0.67	0.54	0.43	0.33	0.36	
4.	<b>Tês em Ramal</b>																
	Quantidade		Q4	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS	K	-	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	
	Perda Tês em ramal	$Pd \times C4 \times Q4$	DP4	kPa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.	<b>Tês em Linha</b>																
	Quantidade		Q5	-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS	K	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
	Perda Tês em linha	$Pd \times C5 \times Q5$	DP5	kPa	0.44	0.39	0.34	0.30	0.26	0.67	0.56	0.46	0.37	0.30	0.23	0.17	
7.	<b>Válvulas de Globo</b>																
	Quantidade		Q7	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
	Comprimento Equivalente	Fabricante	Kv	kPa	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	
	Perda Válvulas Globo	$dp \times L \times Q13$	DP13	kPa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	
8.	<b>Válvulas de Macho Esférico</b>																
	Quantidade		Q8	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	
	Coefficiente de perda de carga	Fabricante	K	-	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	Perda Válvulas Macho Esférico	$dpv \times Q8$	DP8	kPa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
9.	<b>Válvulas de Borboleta</b>																
	Quantidade		Q9	-	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Coefficiente de perda de carga	Fabricante	K	-	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	Perda Válvulas de Borboleta	$dpv \times Q9$	DP8	kPa	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12.	<b>Válvulas de Retenção</b>																
	Quantidade		Q12	-	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS	K	-	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	
	Perda Válvulas de Retenção	$dpv \times Q12$	DP12	kPa	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13.	<b>Filtros Tipo Y</b>																
	Quantidade		Q13	-	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Comprimento Equivalente	Engineeringtoolbox.com	L	m	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	
	Perda Filtros Tipo Y	$dp \times L \times Q13$	DP13	kPa	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Perda Total na Secção</b>		<b>DP1 + ... + DP14</b>	<b>DPtot</b>	<b>kPa</b>	<b>9.32</b>	<b>1.31</b>	<b>1.16</b>	<b>1.01</b>	<b>0.88</b>	<b>2.73</b>	<b>2.30</b>	<b>1.91</b>	<b>1.56</b>	<b>1.24</b>	<b>0.96</b>	<b>2.10</b>	
<b>Coefficiente de Segurança</b>		<b>Admitido</b>	<b>CS</b>	<b>-</b>	<b>0.15</b>												
<b>Total Tubagem</b>		<b>DPc x CS</b>	<b>P</b>	<b>kPa</b>	<b>30.45</b>												
15.	<b>Perdas de Carga Adicionais</b>																
	Permutador		DPtot	kPa	25.00												
	3 x Colectores Solar em Serie (Estimativa)		DPtot	kPa	15.00												
			DPtot	kPa													
<b>Pressão da Bomba</b>		<b>DPc x CS</b>	<b>P</b>	<b>kPa</b>	<b>70.45</b>	<b>Volume Total =</b>		<b>118</b>	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>34</b>	

Quantid.	Descrição
1	<p><b>MAGNA3 32-100</b></p>  <p>Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real</p> <p>Código: <a href="#">97924257</a></p> <p>O Grundfos MAGNA3 é um circulador com motor de magneto permanente perfeitamente adequado para aplicações de aquecimento, arrefecimento e circulação de água quente doméstica, tomando-o na escolha óbvia para quase todos os projetos de construção – antigos ou novos.</p> <p>Com a sua incomparável eficiência, gama abrangente e capacidades de comunicação integradas, além de funcionalidades de substituição de componentes do sistema, o MAGNA3 é ideal para proprietários de edifícios, engenheiros e especificadores que procuram criar sistemas de alto desempenho para edifícios.</p> <p>O MAGNA3 é de tipo de rotor encamisado, isto é, bomba e motor formam uma unidade integral sem empanque e com apenas duas gaxetas como selagem. Os rolamentos são lubrificados pelo líquido bombeado.</p> <p>A inovadora braçadeira de parafuso único permite um fácil reposicionamento da cabeça de bomba.</p> <p>O MAGNA3 é uma bomba sem necessidades de manutenção e baixos custos de ciclo de vida.</p>

## PERFORMANCE



## Cálculos

Item	Valor	Unidade	Observações
Norma Dimensional	NP EN 10255 Série Média	-	
Diâmetro Nominal Médio	50	mm	Diâmetro médio da instalação hidráulica
Comprimento da Tubagem	270	m	Comprimento total da instalação hidráulica
Volume da Tubagem (V <sub>tub</sub> )	598	Litros	V <sub>tub</sub> = diâmetro interior médio x comprimento da tubagem
Volumes Extras (V <sub>ext</sub> )	1028	Litros	Depósitos de equilíbrio, serpentinas, permutadores, outros
Volume Total (V <sub>total</sub> )	1626	Litros	V <sub>total</sub> = V <sub>tub</sub> + V <sub>ext</sub>
Temperatura Média da Água (T)	80	°C	Temperatura mais alta da água no interior da tubagem hidráulica
Coefficiente de Expansão (e)	0.02898	Sem Unidade	Relativamente à temperatura de 4°C
Desnível entre a Instalação e o Vaso	13.0	m	Desnível entre o ponto mais alto da instalação hidráulica e o nível de instalação do vaso de expansão
Pressão Absoluta Inicial (P <sub>ai</sub> )	2.6	bar	
Pressão Máxima de Exercício (P <sub>max</sub> )	3.5	bar	Pressão mais alta a tolerar. Equivale à pressão de regulação da válvula de segurança
Pressão Absoluta Final (P <sub>af</sub> )	4.5	bar	
Volume do Vaso de Expansão (V)	111.6	Litros	

## VASOS DE EXPANSÃO PARA INSTALAÇÕES DE AQUECIMENTO



**556**

cat. 01079

Vaso de expansão soldado para instalações de aquecimento. Certificado CE. Membrana em diafragma. Pressão máx.: 6 bar. Campo de temperatura sistema: -10÷120 °C. Campo de temperatura membrana: -10÷70 °C. Percentagem máx. de glicol: 50 %. Conforme a norma EN 13831.



Código	Litros	Ligação	Pré-carga (bar)		
556008	8	3/4"	1,5	1	–
556012	12	3/4"	1,5	1	–
556018	18	3/4"	1,5	1	–
556025	25	3/4"	1,5	1	–



**556**

cat. 01079

Vaso de expansão soldado para instalações de aquecimento. Certificado CE. Membrana em diafragma. Pressão máx.: 6 bar. Campo de temperatura sistema: -10÷120 °C. Campo de temperatura membrana: -10÷70 °C. Percentagem máx. de glicol: 50 %. Conforme a norma EN 13831.



Código	Litros	Ligação	Pré-carga (bar)		
556035	35	3/4"	1,5	1	–
556050	50	3/4"	1,5	1	–
556080	80	1"	1,5	1	–
556100	100	1"	1,5	1	–
556140	140	1"	1,5	1	–
556200	200	1"	1,5	1	–
556250	250	1"	1,5	1	–



**556**

cat. 01079

Vaso de expansão soldado para instalações de aquecimento. Certificado CE. Membrana em diafragma. Pressão máx.: 6 bar. Campo de temperatura sistema: -10÷120 °C. Campo de temperatura membrana: -10÷70 °C. Percentagem máx. de glicol: 50 %. Conforme a norma EN 13831.



Código	Litros	Ligação	Pré-carga (bar)		
556300	300	1"	1,5	1	–
556400	400	1"	1,5	1	–
556500	500	1"	1,5	1	–
556600	600	1"	1,5	1	–

## VASOS DE EXPANSÃO PARA INSTALAÇÕES SANITÁRIAS



**5557**



cat. 01079

Vaso de expansão soldado para instalações sanitárias. Certificado CE. Pressão máx.: 10 bar. Campo de temperatura sistema: -10÷100 °C. Campo de temperatura membrana: -10÷100 °C. Conforme a norma EN 13831.



Código	Litros	Ligação	Pré-carga (bar)		
555702	2	1/2"	2,5	4	–
555705	5	3/4"	2,5	1	–
555708	8	3/4"	2,5	1	–



**568**



cat. 01079

Vaso de expansão soldado para instalações sanitárias. Certificado CE. Pressão máx.: 10 bar. Campo de temperatura sistema: -10÷70 °C. Campo de temperatura membrana: -10÷70 °C. Conforme a norma EN 13831.



Código	Litros	Ligação	Pré-carga (bar)		
568008	8	3/4"	2,5	1	–
568012	12	3/4"	2,5	1	–
568018	18	3/4"	2,5	1	–
568025	25	3/4"	2,5	1	–
568033*	33	3/4"	2,5	1	–

\* Inclui suportes para fixação na parede



**568**



cat. 01079

Vaso de expansão soldado para instalações sanitárias. Certificado CE. Pressão máx.: 10 bar. Campo de temperatura sistema: -10÷70 °C. Campo de temperatura membrana: -10÷70 °C. Conforme a norma EN 13831.



Código	Litros	Ligação	Pré-carga (bar)		
568050	50	1"	2,5	1	–
568060	60	1"	2,5	1	–
568080	80	1"	2,5	1	–
568100	100	1"	2,5	1	–
568200	200	1 1/4"	2,5	1	–
568300	300	1 1/4"	2,5	1	–
568400	400	1 1/4"	2,5	1	–
568500	500	1 1/4"	2,5	1	–

VÁLVULA DE SEGURANÇA - PURGADORES DE AR



253

cat. 01089

Válvula de segurança para instalações solares. Corpo em latão. Cromado. Ligações fêmea - fêmea. PN 10. **Campo de temperatura: -30÷160 °C.** **Percentagem máx. de glicol: 50 %.** Saída de descarga maximizada. Potência de descarga: 1/2" - 50 kW; 3/4" - 100 kW. Homologada TÜV segundo TRD 721 - SV 100 § 7.7. Regulações: 2,5 - 3 - 4 - 6 - 8 - 10 bar.



Código

253042	1/2" F x 3/4" F	2,5 bar	1	50
253043	1/2" F x 3/4" F	3 bar	1	50
253044	1/2" F x 3/4" F	4 bar	1	50
253046	1/2" F x 3/4" F	6 bar	1	50
253048	1/2" F x 3/4" F	8 bar	1	50
253040	1/2" F x 3/4" F	10 bar	1	50
253052	3/4" F x 1" F	2,5 bar	1	25
253053	3/4" F x 1" F	3 bar	1	25
253054	3/4" F x 1" F	4 bar	1	25
253056	3/4" F x 1" F	6 bar	1	25
253058	3/4" F x 1" F	8 bar	1	25
253050	3/4" F x 1" F	10 bar	1	25



250

cat. 01133

Conjunto constituído por:  
- Purgador de ar automático para instalações solares. Corpo em latão. Cromado. Pressão máx.: 10 bar. Pressão máx. de descarga: 5 bar. **Campo de temperatura: -30÷180 °C.** **Percentagem máx. de glicol: 50 %.**  
- Torneira de interceção com guarnição. Corpo em latão. Cromado. Pressão máx.: 10 bar. **Campo de temperatura: -30÷200 °C.** **Percentagem máx. de glicol: 50 %.**



Código

250031	3/8" M	sem torneira	1	25
250131	3/8" M		1	25
250041	1/2" M	sem torneira	1	25



250

Conjunto constituído por:  
- Purgador de ar automático para instalações solares. Corpo em latão. Cromado. Pressão máx.: 10 bar. Pressão máx. de descarga: 2,5 bar. **Campo de temperatura: -30÷180 °C.** **Percentagem máx. de glicol: 50 %.**  
- Torneira de interceção com guarnição. Corpo em latão. Cromado. Pressão máx.: 10 bar. **Campo de temperatura: -30÷200 °C.** **Percentagem máx. de glicol: 50 %.**

Código

250831	3/8" M	sem torneira	1	50
250931	3/8" M		1	50

251

DISCALAIR®

cat. 01135

Purgador de ar automático de elevada prestação para instalações solares. Corpo em latão. Cromado. Ligação fêmea. Pressão máx.: 10 bar. Pressão máx. de descarga: 10 bar. **Campo de temperatura: -30÷160 °C.** **Percentagem máx. de glicol: 50 %.**



Código

251004	1/2" F		1	10
--------	--------	--	---	----



250

cat. 01133

Torneira de interceção com guarnição. Corpo em latão. Cromado. Pressão máx.: 10 bar. **Campo de temperatura: -30÷200 °C.** **Percentagem máx. de glicol: 50 %.**



Código

250300	3/8" M x 3/8" F	- manípulo de borboleta	1	10
250400	1/2" M x 1/2" F	- manípulo de alavanca	1	10

O purgador de ar automático deve ser seccionado após o enchimento da instalação.





## Depósitos sem serpentina Gammas CV-RB e MVV-RB

### ELEVADAS NECESSIDADES DE ÁGUA DE CONSUMO

**Gamas CV-RB e MVV-RB, solução versátil, económica e com elevado rendimento para grandes necessidades de águas quentes**

As gamas de depósitos de acumulação CV-RB e MVV-RB são indicadas para aplicações coletivas, industriais ou serviços de elevada dimensão (ex.: blocos de vivendas, hotéis, centros desportivos, entre outros). Destinada ao aquecimento de água para consumo de elevada quantidade, estão disponíveis com capacidades de acumulação entre **1500 (CV-RB) e de 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 e 5000 litros (MVV-RB)**.

Os depósitos sem serpentina deste tipo são a solução ideal para instalações que recorram a permutadores externos e contribuem para a eficiência da instalação.

Estes depósitos são construídos com materiais da mais alta qualidade, como o aço vitrificado, possuindo um isolamento em espuma rígida de poliuretano de 80 mm. Vêm equipados com um ânodo de proteção em magnésio e uma boca de inspeção de diâmetro DN 400. Têm ainda a possibilidade de tratamento anti-legionella por choque térmico.

Estes modelos têm ainda a possibilidade de funcionar com uma resistência elétrica como apoio no aquecimento de águas sanitárias. Estes depósitos dispõem ainda de um forro de proteção opcional.

Nota: A classificação energética indicada pode variar de acordo com cada produto.

# Informação técnica

## Dimensões e atravancamentos (medidas em mm)

### DEPÓSITOS DE UMA SERPENTINA

**Gama CV-M1**

**Gama MVV-SB**

- Kr Retorno circ. primário
- tm Ligação bainha sensores
- Kv Ida circ. primário
- ww Saída de A.Q.S.
- ww-e Entrada água fria/esgoto
- Z Recirculação
- Ra Ligações laterais

Gama CV-M1 e MVV-SB		CV 800 M1	CV 1000 M1	CV 1500 M1	MVV 2000 SB	MVV 3000 SB	MVV 4000 SB	MVV 5000 SB
Capacidade de A.Q.S.	litros	800	1000	1500	2000	3000	4000	5000
KW-e: entrada água fria/esgoto	GASM	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"	3"	3"
ww: saída de A.Q.S.	GASM	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"	3"	3"	3"
Z: recirculação	GASM	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
Kv: ida do circ. primário	GASM <sup>(1)</sup> / F <sup>(2)</sup>	1"	1"	1"	2"	2"	2"	2"
Kr: retorno circ. primário	GASM <sup>(1)</sup> / F <sup>(2)</sup>	1"	1"	1"	2"	2"	2"	2"
Ra: ligação lateral	GASM <sup>(1)</sup> / F <sup>(2)</sup>	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"	2"	2"	2"
tm: ligação bainha sensores	GASM	-	-	-	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
A: diâmetro exterior	mm	950	950	1160	1360	1660	1910	1910
B: altura total	mm	1840	2250	2320	2280	2305	2310	2710
Boca de inspeção		DN 90	DN 90	DN 400	DN 400	DN 400	DN 400	DN 400

(1) Na Gama MV. (2) Na Gama CV.

### DEPÓSITOS SEM SERPENTINA

**Gama CV-RB**


**Gama MVV-RB**

- ww Saída de A.Q.S.
- eh Ligações laterais
- ww-e Entrada água fria/esgoto
- tm Ligações bainha sensores
- pc Ligações ânodos proteção catódica
- Z Recirculação
- R Ligações laterais (resistência elétrica)







Gama CV-RB e MVV-RB		CV 1500 RB	MVV 2000 RB	MVV 2500 RB	MVV 3000 RB	MVV 3500 RB	MVV 4000 RB	MVV 5000 RB
KW-e: entrada água fria/esgoto	GASM	1 1/2"	2"	3"	3"	3"	3"	3"
ww: saída de A.Q.S.	GASM	1 1/2"	2"	3"	3"	3"	3"	3"
Z: recirculação	GASM	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
R: ligação lateral resistência elétrica	GASM	-	2"	2"	2"	2"	2"	2"
eh: ligação lateral	GASM	2"	-	-	-	-	-	-
tm: ligação bainha sensores	GASM	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
pc: ligação ânodos proteção catódica	GAS	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
A: diâmetro exterior	mm	1160	1360	1660	1660	1660	1910	1910
B: altura total	mm	2320	2280	2015	2305	2580	2310	2710

# Dados técnicos

## Depósitos sem serpentina

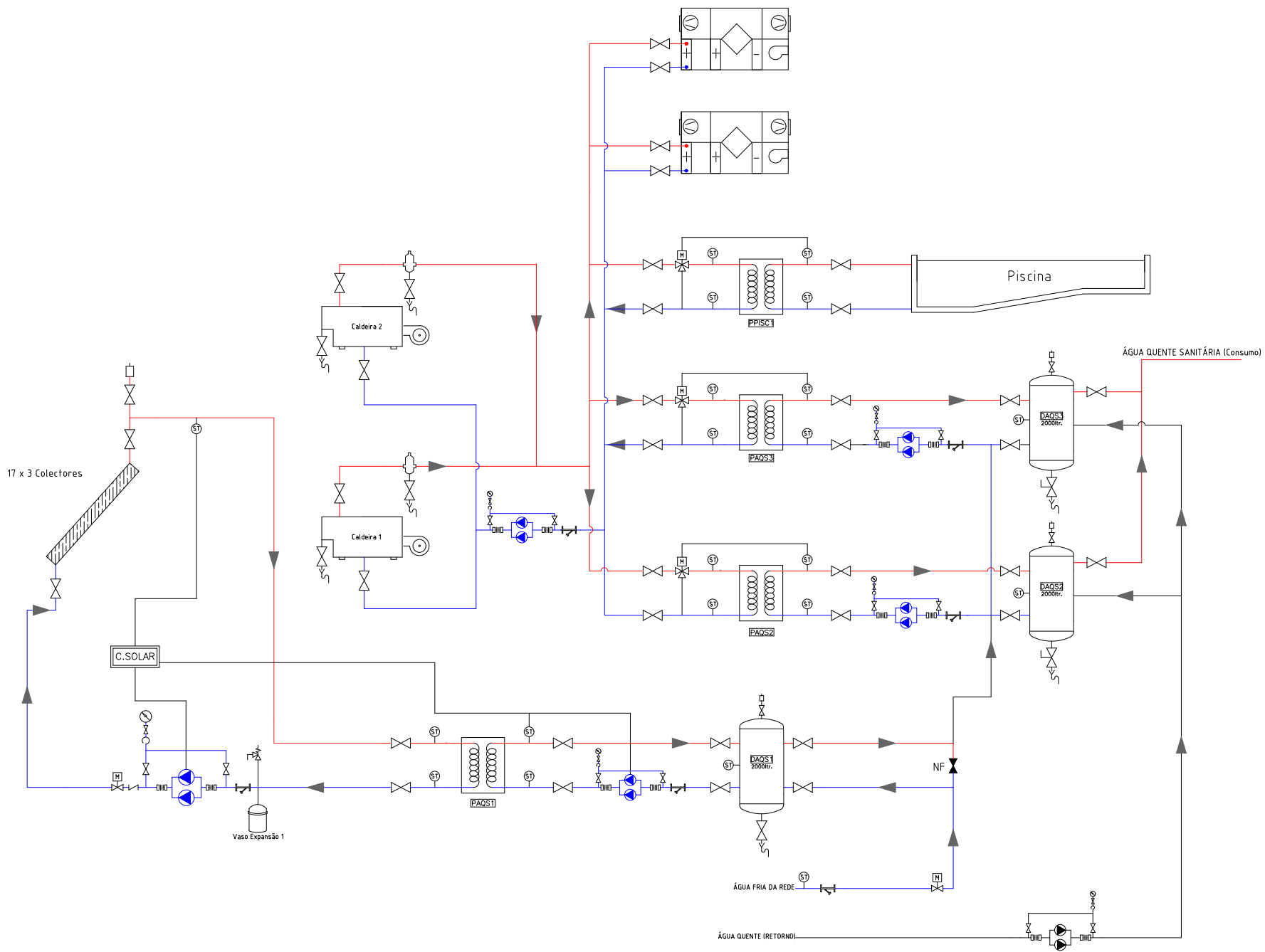
Gama CV-RB		CV1500-RB
Classificação Energética A.Q.S.		 <b>C</b>
Escala ErP		A* → F
<b>Características Gerais</b>		
Volume útil	litros	1500
<b>Dimensões</b>		
Altura	mm	2320
Diâmetro	mm	1160
<b>Isolamento</b>		
Espessura Isolamento	mm	80
Condutibilidade Térmica	λW/m.K	0.025
Espessura Equivalente*	mm	130
<b>Outras Características</b>		
Peso em vazio	kg	343
Temperatura máxima de acumulação de A.Q.S.	°C	90
Pressão máxima do serviço de A.Q.S.	bar	8
Perdas de energia	W/m.K	5.1

\* Espessura de acordo com RSECE.

Gama MVV-RB	MVV 2000-RB	MVV 2500-RB	MVV 3000-RB	MVV 3500-RB	MVV 4000-RB	MVV 5000-RB	
Classificação Energética A.Q.S.	 <b>C</b>	 <b>C</b>	 <b>C</b>	 <b>C</b>	 <b>C</b>	 <b>C</b>	
Escala ErP	A* → F	A* → F	A* → F	A* → F	A* → F	A* → F	
<b>Características Gerais</b>							
Volume útil	litros	2000	2500	3000	3500	4000	5000
<b>Dimensões</b>							
Altura	mm	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Diâmetro	mm	1360	1660	1660	1660	1910	1910
<b>Isolamento</b>							
Espessura Isolamento	mm	80	80	80	80	80	80
Condutibilidade Térmica	λW/m.K	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Espessura Equivalente*	mm	130	130	130	130	130	130
<b>Outras Características</b>							
Peso em vazio	kg	460	635	705	755	915	1030
Temperatura máxima de acumulação de A.Q.S.	°C	90	90	90	90	90	90
Pressão máxima do serviço de A.Q.S.	bar	8	8	8	8	8	8
Perdas de energia	W/m.K	5.4	6.0	6.2	6.5	6.6	7.1

\* Espessura de acordo com RSECE.

Nota: A classificação energética indicada pode variar de acordo com cada produto.



- VÁLVULA MOTORIZADA DE DUAS VIAS
- FILTRO DE ÁGUA
- VÁLVULA DE SEGURANÇA
- PURGADOR AUTOMÁTICO DE AR
- VÁLVULA DE RETENÇÃO
- VÁLVULA DE SECCIONAMENTO
- SENSOR DE TEMPERATURA
- MANÓMETRO
- DESGASEIFICADOR
- ESGOTO SIFONADO
- JUNTA ANTI-VIBRÁTICA
- PERMUTADOR DE CALOR ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS 1
- PERMUTADOR DE CALOR ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS 2
- PERMUTADOR DE CALOR ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS 3
- DEPÓSITO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS 1
- DEPÓSITO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS 2
- DEPÓSITO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS 3
- CENTRALINA SOLAR

**DISSERTAÇÃO**  
Aquecimento de Água a partir de um Sistema Solar-Térmico com apoio de Bomba de Calor.

**DESIGNAÇÃO**  
Esquema Unifilar

**LOCALIZAÇÃO**  
Piscina Municipal do Alvito

**DESENHADO**  
Jorge Silva Carvalho

**VERIFICADO**

**APROVADO**

DATA 24/03/2021  
ESCALA S/E

DESENHO Nº  
02

Quadro II.A - 1 (cont.)

TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJECTO DE VERÃO  
(PROBABILIDADES ACUMULADAS DE OCORRÊNCIA DE 90, 95, 97.5 e 99%)  
E AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA DO MÊS MAIS QUENTE

REGIÃO	NUM. DE ORDEM	LOCAL	T TERM. SECO				TW TERM. MOLHADO COINCIDENTE COM T				TW TERM. MOLHADO				AMPLITUDE TERMICA DIARIA	
			99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%		
CONTINENTE	30	MONTEMOR-O-VELHO	32.3	30.0	27.7	25.5	22.0	21.1	20.2	19.6	22.9	21.8	21.0	20.1	10.5	
	31	FUNDADO	34.8	33.5	32.1	30.1	20.5	19.9	19.6	18.9	22.3	21.1	20.1	19.2	15.0	
	32	ZEBREIRA	36.4	34.9	33.5	31.7	19.8	19.5	19.2	18.6	21.3	20.6	20.0	19.1	14.8	
	33	CASTELO BRANCO	36.2	34.9	33.6	31.7	21.5	21.1	20.7	19.9	24.1	22.3	21.3	20.3	14.1	
	34	MARINHA GRANDE	31.5	28.7	26.2	24.3	20.3	19.6	19.4	19.0	21.7	20.8	20.2	19.4	10.5	
	35	ALCOBACA	33.1	30.5	28.0	25.5	21.5	20.6	19.9	19.2	22.2	21.3	20.5	19.7	11.8	
	36	TANCUS/B.AEREA	36.1	34.2	32.4	30.2	21.9	21.3	20.9	20.1	22.7	21.9	21.3	20.5	15.1	
	37	ALVEGA	36.9	35.0	33.3	31.2	23.2	22.2	21.8	21.0	24.4	23.4	22.6	21.7	17.1	
	38	MARVAD	31.8	30.4	29.2	27.4	18.5	18.2	17.9	17.3	20.9	19.7	18.9	18.0	10.1	
	39	CABO CARVOEIRO	23.9	22.2	21.4	20.6	18.8	18.5	18.5	18.0	19.8	19.3	18.8	18.4	4.1	
	40	RIO MAIOR	34.5	32.3	30.0	27.6	22.1	21.5	20.7	20.0	23.1	22.2	21.5	20.6	13.2	
	41	PORTALEGRE	33.6	32.2	30.7	29.1	18.4	17.8	17.4	17.1	19.5	19.1	18.5	17.8	13.5	
	42	SANTAREM	35.6	33.6	31.9	29.7	21.9	21.3	20.8	20.1	22.8	22.0	21.4	20.6	15.5	
	43	FONTE BOA	35.7	33.6	31.9	29.4	22.6	21.9	21.3	20.5	24.0	22.7	21.8	20.8	14.3	
	44	UTA/BASE AEREA	34.8	32.8	30.9	28.6	22.1	21.2	20.6	19.9	22.7	21.9	21.2	20.4	11.9	
	45	BENAVILA	37.0	35.3	33.7	31.6	22.6	21.9	21.3	20.5	23.7	22.7	21.9	20.9	16.5	
	46	DOIS PORTOS	32.8	30.7	28.5	26.0	21.6	20.8	20.2	19.8	22.6	21.6	20.8	19.9	11.3	
	47	SALVATERRA DE MAGOS	34.0	32.2	30.3	28.2	22.7	21.8	21.3	20.4	24.1	22.7	21.9	21.0	13.9	
	48	MORA	36.3	34.4	32.9	30.8	22.5	21.8	21.2	20.5	23.8	22.8	22.0	21.0	15.9	
	49	ELVAS	37.0	35.7	34.3	32.4	21.8	21.7	21.1	20.4	23.5	22.5	21.8	20.8	17.2	
	50	SINTRA/GRANJA	31.6	29.3	25.9	24.7	20.5	19.6	19.3	18.8	21.4	20.6	20.0	19.3	9.9	
	51	CABO DA Roca	27.6	25.1	23.1	21.4	19.4	18.7	18.1	17.9	20.6	19.5	19.0	18.4	5.9	
	52	LISBOA/PORTELA	33.3	31.4	29.4	27.0	22.2	21.2	20.4	19.6	23.0	22.0	21.0	20.0	11.2	
		53	LISBOA/GEOFISICO	32.9	31.2	29.7	27.9	20.8	20.3	19.9	19.5	21.9	21.2	20.6	19.9	10.5
		54	PEGDES	35.5	33.7	32.0	29.8	22.0	21.4	21.0	20.4	23.1	22.3	21.6	20.9	16.1
		55	EVORA	35.4	33.7	32.0	30.2	19.9	19.3	19.1	18.6	21.0	20.3	19.8	19.0	13.8
		56	SETUBAL	34.4	32.5	30.9	28.8	21.8	21.3	20.7	20.1	23.8	22.2	21.4	20.6	13.4
		57	EVORA/CJKRAIS	36.9	35.2	33.7	31.7	22.5	21.9	21.3	20.4	24.1	22.9	22.0	20.9	17.6
		58	SETUBAL/SETENAVE	34.0	32.1	30.4	28.3	21.8	21.3	20.7	19.9	23.1	22.0	21.3	20.5	12.2

Quadro I.A - 1 (cont.)

TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJECTO DE INVERNO

(PROBABILIDADES ACUMULADAS DE OCORRÊNCIA DE 1, 2.5, 5 e 10%)

REGIÃO	NUMERO DE ORDEM	LOCAL	PROB. (%)			
			1.0	2.5	5.0	10.0
CONTINENTE	30	MONTEMUR-O-VELHO	-1.6	-0.1	1.5	3.5
	31	FUNDAO	-2.5	-1.2	0.1	1.7
	32	ZEBREIRA	-1.9	-0.4	1.4	3.0
	33	CASTELO BRANCO	0.1	1.4	2.7	4.0
	34	MARINHA GRANDE	-1.9	-0.8	0.6	2.2
	35	ALCOBACA	-1.9	-0.2	1.4	3.3
	36	TANCOS/BASE AEREA	-1.8	-0.5	0.8	2.6
	37	ALVEGA	-3.0	-1.4	0.1	2.0
	38	MARVAO	-1.7	-0.2	0.9	2.3
	39	CABO CARVOEIRO	4.6	6.0	7.1	8.4
	40	RIO MAIOR	-2.7	-1.3	0.1	2.2
	41	PORTALEGRE	0.2	1.5	2.8	4.3
	42	SANTAREM	-0.2	1.2	2.6	4.3
	43	FONTE BOA	1.1	2.4	3.6	5.2
	44	OTA/BASE AEREA	0.3	1.7	3.0	4.8
	45	BENAVILA	0.0	1.3	2.5	4.2
	46	DOIS PORTOS	0.5	2.0	3.4	5.0
	47	SALVATERRA DE MAGOS	-1.8	-0.5	0.9	3.0
	48	MORA	-0.8	0.6	1.9	3.6
	49	ELVAS	-1.6	-0.2	1.1	3.0
	50	SINTRA/GRANJA	-0.3	1.1	2.5	4.4
	51	CABO DA ROCA	4.9	6.1	7.1	8.5
	52	LISBOA/PORTELA	3.2	4.4	5.4	6.6
	53	LISBOA/GEOFISICO	4.3	5.5	6.4	7.6
	54	PEGOES	-0.2	1.1	2.5	4.1
	55	EVORA	1.2	2.7	3.9	5.2
	56	SETUBAL	-0.3	1.1	2.4	4.3
	57	EVORA/CURRAIS	-1.7	-0.2	1.1	2.7
58	SETUBAL/SETENA VE	2.0	3.1	4.5	6.1	

$\phi = 38^{\circ}42'N$ ;  $\lambda = 9^{\circ}11'W$ ;  $g = 9,8005 m/s^2$ ;  $\Delta G = 0$ ;  $H_0 = 50$ ;  $H_1 = \dots$ ;  $H_2 = \dots$ ;  $h_1 = 1,5 m$ ;  $h_2 = 6,0 m$ ;  $h_3 = 6,0 m$ ;  $h_4 = \dots$

Pressão atmosférica P (mb)		Temperatura do ar								Mês
		$\bar{T}$ (°C)					T (°C)			
Nº local	Red. ao nível do mar	9 h	18 h	Mensal	Max	Min	Max	Min		
-	-	10,3	11,9	11,0	14,9	7,1	21,0	- 1,0	Janeiro	
-	-	10,9	12,9	11,7	15,8	7,6	25,0	- 2,8	Fevereiro	
-	-	12,7	13,4	13,1	17,6	8,5	29,4	0,0	Março	
-	-	14,8	15,4	14,9	19,9	9,8	31,0	1,1	Abril	
-	-	17,5	17,6	17,1	22,6	11,6	35,6	1,8	Maior	
-	-	20,0	20,4	19,7	25,4	14,0	36,8	8,0	Junho	
-	-	21,9	23,4	21,9	28,1	15,8	39,5	10,0	Julho	
-	-	21,9	23,3	22,3	28,5	16,1	38,0	10,6	Agosto	
-	-	20,6	22,0	20,9	26,7	15,1	37,5	9,5	Setembro	
-	-	17,7	18,4	18,1	22,7	13,2	33,5	6,0	Outubro	
-	-	13,5	14,9	14,1	18,3	9,9	29,2	2,0	Novembro	
-	-	10,8	12,6	11,5	15,4	7,6	21,2	0,0	Dezembro	
-	-	16,1	17,2	16,4	21,3	11,4	39,5	- 2,8	Ano	

Humidade relativa do ar $\bar{U}$ (%)			Nebulosidade N (0-10)			Insolação I		Precipitação R (mm)		Evaporação (mm)	Mês
9 h	18 h		9 h	18 h		Total (h)	Percent. (%)	Total	Max (diária)		
87	81	6	6	131,2	44	111,8	64,0	58,1	Janeiro		
84	77	6	6	148,1	50	99,1	54,4	64,9	Fevereiro		
82	73	6	5	184,5	50	97,8	72,6	81,6	Março		
76	69	5	5	235,5	60	51,6	49,4	98,7	Abril		
73	67	5	4	287,0	66	41,3	36,4	125,3	Maior		
71	65	4	3	299,8	69	21,4	48,4	143,2	Junho		
69	61	3	2	350,3	80	2,8	19,4	178,0	Julho		
69	60	3	1	332,6	80	5,2	21,2	181,4	Agosto		
74	66	4	3	248,7	68	29,5	51,0	140,6	Setembro		
78	72	5	4	199,1	58	75,5	74,6	103,4	Outubro		
81	74	5	4	156,4	52	94,8	112,5	76,1	Novembro		
84	77	6	5	137,9	48	100,0	68,0	63,3	Dezembro		
77	70	5	4	2711,1	60	730,8	112,5	1314,6	Ano		

HOR (W/h.m2)												
Hour	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0
06:00	0	0	0	44.3	138	156.2	108.9	35.4	0	0	0	0
07:00	0	0	97.7	255	346.6	359.3	314.3	240.4	146.3	56	0	0
08:00	49.9	159.4	316.8	464.9	543.8	551.4	511.3	447.4	357.8	257.4	123.1	41.6
09:00	230.6	358.7	515.2	647.6	713.8	718.1	683.4	628.1	542	437.9	296.7	209.2
10:00	384.5	521.6	673.1	789.5	845	848.2	818.9	769.6	683.4	574.3	431.4	349.9
11:00	489.8	633.6	778.9	881	928.6	932.8	908.8	862.2	771.6	656	513.6	441.8
12:00	538	686.5	825.1	915.7	958.9	966.5	947.1	899.7	800.7	677.3	537	476.8
13:00	525.3	676.6	808.6	891.2	933.9	946.8	931.3	879.6	768.6	636.5	499.9	452.4
14:00	452.9	604.5	730.4	809.2	855.2	875.1	862.2	803.1	677.5	536.6	405	370.3
15:00	326.1	475.5	596	675.4	728.2	756.3	744.7	675.6	533.8	384.8	259.8	237.4
16:00	156.6	299.3	415.1	498.9	561.4	598.3	586.5	505.6	347.7	193.8	81.4	70.6
17:00	0.9	94.3	202.2	292.6	366.3	411.6	398.3	304.9	135.6	7.7	0	0
18:00	0	0	5.7	77.5	157.7	209.6	193.5	92.4	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0.4	23.1	11.4	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Wh/dia.m2)	3154.6	4510	5964.8	7242.8	8077.8	8354.4	8020.6	7144	5765	4418.3	3147.9	2650
(kWh/dia.m2)	3.15	4.51	5.96	7.24	8.08	8.35	8.02	7.14	5.77	4.42	3.15	2.65
(kWh/mês.m2)	97.79	126.28	184.91	217.28	250.41	250.63	248.64	221.46	172.95	136.97	94.44	82.15
Radiação INMG	65	85	130	175	215	225	245	220	160	115	75	60
FCS	0.6647	0.6731	0.7030	0.8054	0.8586	0.8977	0.9854	0.9934	0.9251	0.8396	0.7942	0.7304



SGG CLIMALIT 6 (6 AIR) 6

Vidro 1	CLEAR FOR BIOCLEAN-E 6 mm
Câmara 1	6 AIR
Vidro 2	CLEAR FOR BIOCLEAN-E 6 mm

Nome : Jorge Carvalho

País : Portugal

Notas: Vidro Bancada

### FACTORES LUMINOSOS EN410 (2011-04)

Transmissão Luminosa (TL)	80%
Reflexão Exterior (RLe)	15%
Reflexão Interior (RLi)	15%

### TRANSMISSÃO TÉRMICA EN673-2011

Ug 3.2 W/(m<sup>2</sup> .K)

0° em Relação à Vertical

### DIMENSÕES DE FABRICO

Espessura Nominal	18.00 mm
Peso	30 kg/m <sup>2</sup>

### FATOR UV EN410 (2011-04)

TUV 46%

### CLASSE DE SEGURANÇA EN 12600

Resistência ao Ensaio do Pêndulo NPD

### FACTORES ENERGÉTICOS EN410 (2011-04)

Transmissão Directa (TE)	68%
Reflexão Exterior (Ree)	13%
Reflexão Interior (REi)	13%
Absorção A1(AE1)	11%
Absorção A2	8%
Absorção A3	

### FACTOR SOLAR EN410 (2011-04)

Factor Solar (g)	74%
Coef. Sombreamento	0.85

### RENDIMENTO DE COR

Ra Transmissão Luminosa	97
Ra Reflexão Exterior	97

### ANTI-INTRUSÃO EN356

Resistência ao Ataque Manual NPD

Estes valores são calculados de acordo com as normas europeias EN410 (2011-04) e EN673-2011, a norma internacional ISO 9050, a norma japonesa JIS R 3106/3107, a norma coreana KS L 2514/2525 e a norma NFRC-2010. No que diz respeito às normas europeias as tolerâncias são definidas de acordo com as normas EN1096-4 ou ISO9050-2003. No entanto, o utilizador deve confirmar a viabilidade dos produtos, em particular no que diz respeito à espessura e cor. Além disso é da responsabilidade do utilizador confirmar que a combinação de vidros seleccionada cumpre os requisitos normativos e legais a nível nacional, local ou regional. Os valores calculados com a norma NFRC-2010 são indicativos. Por favor use softwares certificados NFRC para obter valores certificados. As regras de cálculo e os resultados do Calumen Live de acordo com as normas EN410 (2011-04), EN673-2011, ISO 9050 (2003) m1.5 and ISO 9050 (1990) m1.0 fazem uso do programa de cálculo Calumen 1.2.4 e foram validados pelo Relatório de Qualidade TUV Rheinland Quality 11923R-11-33705. Os valores de Sg são calculados de acordo com a Regulamentação Térmica Francesa 2012 (RT2012). Os Índices Acústicos são representativos de performances testadas em condições laboratoriais de um Vidro de Dimensões 1,23x1,48 m (EN ISO 10140-3 e EN 12758). Medições no Local da Instalação poderão variar de acordo com as dimensões do Vidro, o ambiente, a qualidade da estrutura da janela, a qualidade da instalação, a fonte sonora, etc. A precisão dos Índices fornecidos encontra-se no intervalo de +/- 1dB (EN 12758). Todas as imagens dos Vidros são ilustrativas.



# Jet nozzles

## Type DUK



Actuator



Connection to circular ducts



DUK-V



DUK-F



### For installation into walls and onto rectangular and circular ducts, adjustable and fixed – made of aluminium

Adjustable and fixed jet nozzles achieve long throw distances and have excellent acoustic properties

- Nominal sizes: 100, 125, 160, 200, 250, 315 and 400 mm
- Volume flow rate range: 15 to 400 l/s or 54 to 1440 m<sup>3</sup>/h
- Visible parts made of aluminium
- For variable and constant volume flows
- Low sound power levels due to aerodynamically optimised nozzle contours
- Discharge angle can be adjusted manually or with an actuator
- Quick and easy to fix, concealed fixing

#### Optional equipment and accessories

- Exposed surface in RAL CLASSIC colours
- Circular spigot
- Connection pieces for circular and rectangular ducts
- Internal or external actuators for adjusting the discharge angle

Quick sizing tables provide a good overview of the volume flow rates and corresponding sound power levels and differential pressures. Exact values for all parameters can be determined with our Easy Product Finder design programme.

**DUK-V, DUK-V-A, DUK-V-A-(E1, E2, E3), DUK-V-K, DUK-V-K-(E1, E2, E3), DUK-V-R, DUK-V-R-(E1, E2, E3), sound power level and total differential pressure**

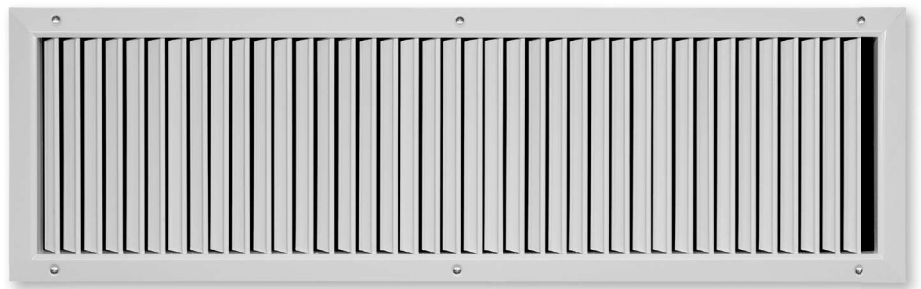
Nominal size	Volume flow rate	Volume flow rate	$\Delta p_t$	$L_{WA}$	$v_L$	
					0.5 m/s	1.0 m/s
	l/s	m <sup>3</sup> /h	Pa	dB(A)	L	
					m	
100	8	28	11	<15	<5	<5
	15	54	38	<15	5	<5
	20	72	68	<15	7	<5
	30	108	152	30	10	5
125	15	54	13	<15	<5	<5
	30	108	49	<15	8	<5
	45	162	110	31	12	6
	60	216	196	42	16	8
160	20	72	9	<15	<5	<5
	40	144	36	<15	8	<5
	60	216	81	19	13	6
	80	288	144	30	17	8
200	35	126	10	<15	6	<5
	70	252	37	<15	11	6
	105	378	82	23	17	9
	140	504	145	35	23	11
250	55	198	9	<15	7	<5
	110	396	35	<15	14	7
	165	594	77	22	21	11
	220	792	137	34	28	14
315	90	324	9	<15	9	<5
	185	666	37	<15	18	9
	265	954	75	23	26	13
	360	1296	137	35	>30	18
400	155	558	6	<15	12	6
	310	1116	34	<15	24	12
	465	1674	75	29	>30	18
	620	2232	133	40	>30	24

All values apply to discharge angle 0°

L: Throw distance with isothermal operation

# Ventilation grilles for installation into walls, sills or rectangular ducts

## Type TRS



### Ventilation grilles, made of sheet steel, with individually adjustable, vertical blades

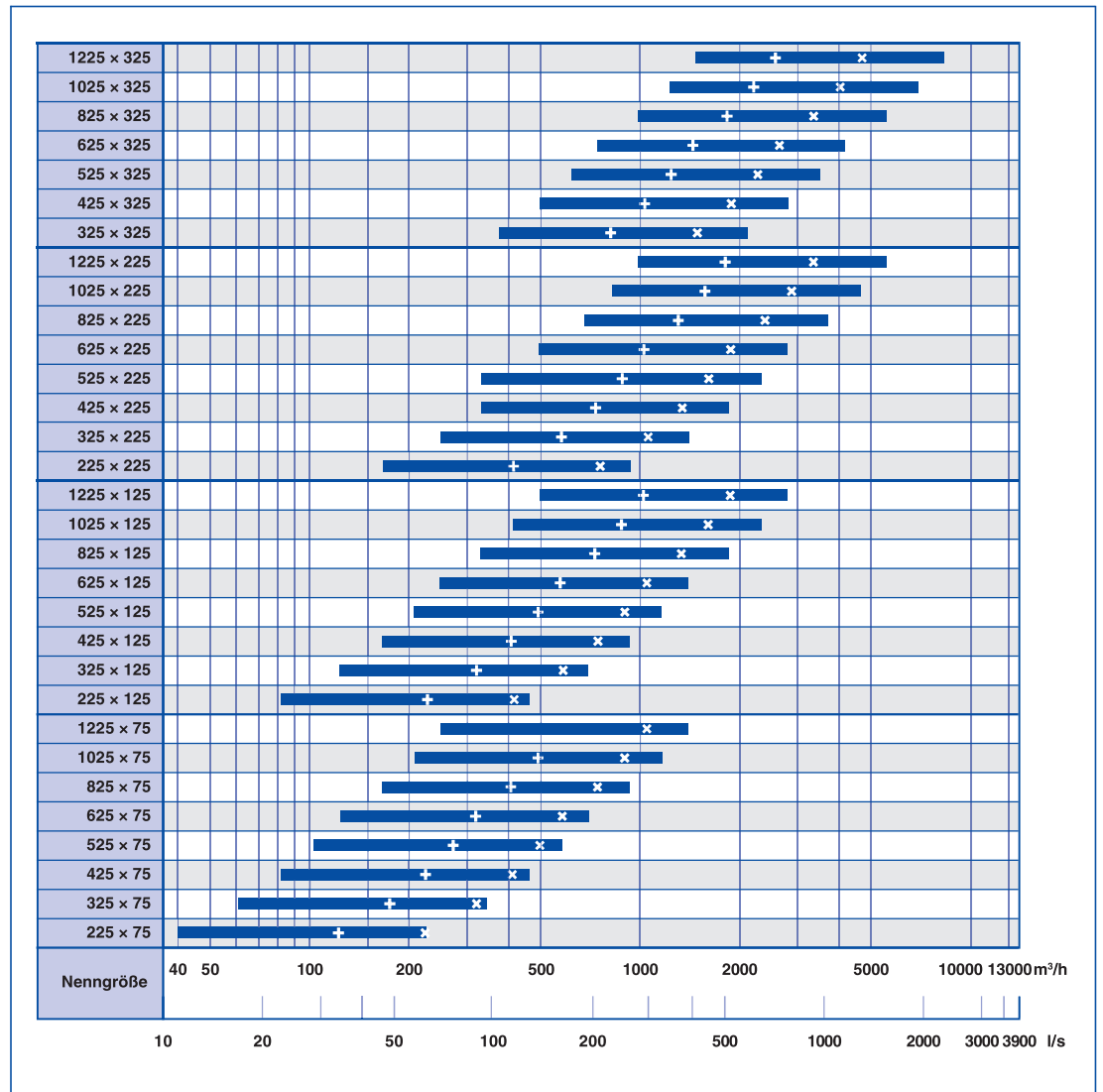
Ventilation grille with droplet shaped blades

- Nominal sizes 225 × 75 to 1225 × 325 mm
- Volume flow rate range 11 – 1305 l/s or 40 – 4698 m<sup>3</sup>/h
- Grille face made of sheet steel, powder-coated
- Front border with countersunk holes, 27 mm wide

Optional equipment and accessories

- Grille face in RAL CLASSIC colours
- Grille face made of galvanised sheet steel, without powder coating
- Installation subframe
- Installation subframe for fitting filter media
- Attachments for volume flow rate balancing and air direction control
- Concealed screw fixing

TRS, volume flow rate ranges



× L<sub>WA</sub> = 40 dB(A) with unrestricted airflow + L<sub>WA</sub> = 40 dB(A) with airflow restricted by 50 %

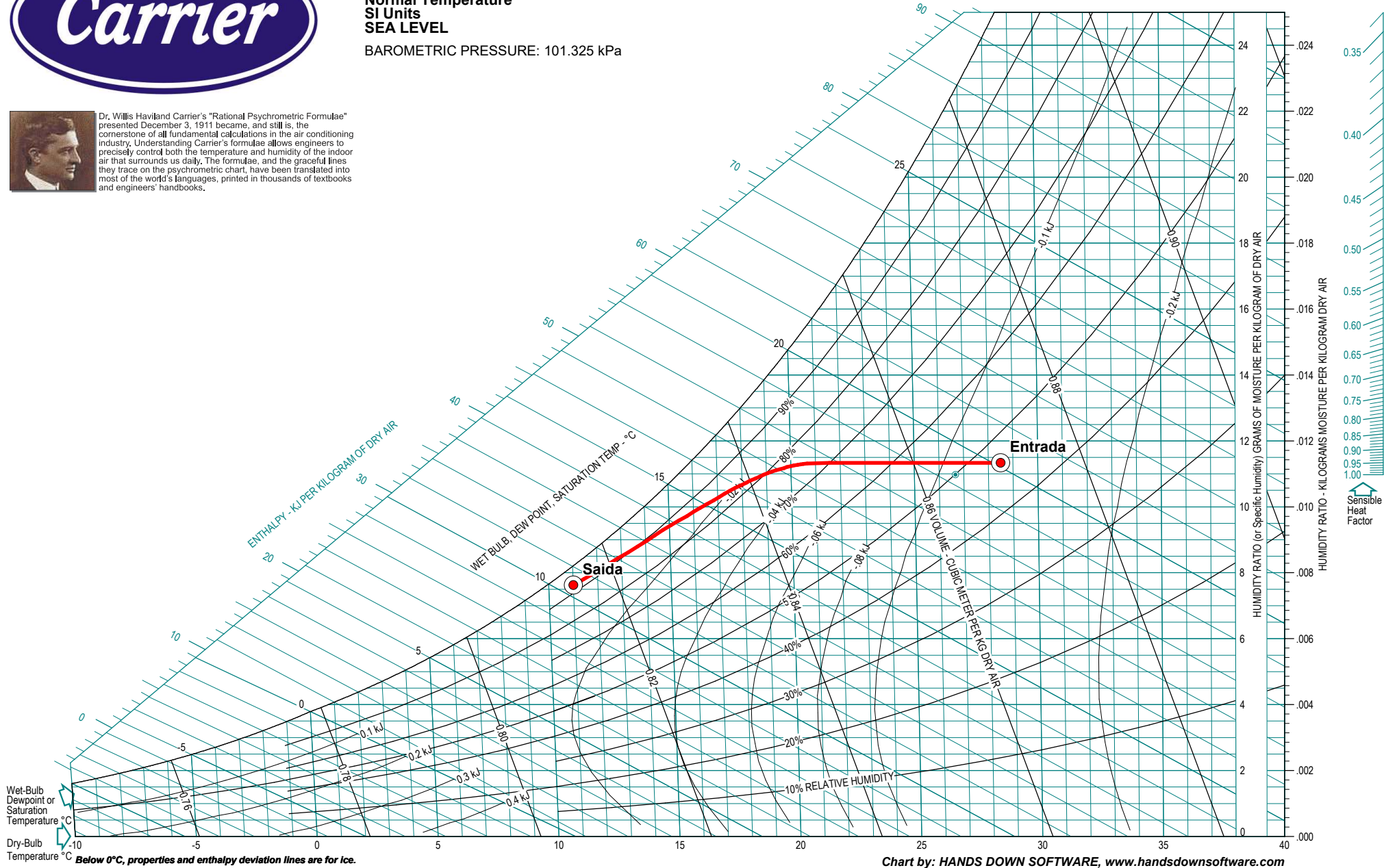


**PSYCHROMETRIC  
CHART  
Normal Temperature  
SI Units  
SEA LEVEL**

BAROMETRIC PRESSURE: 101.325 kPa



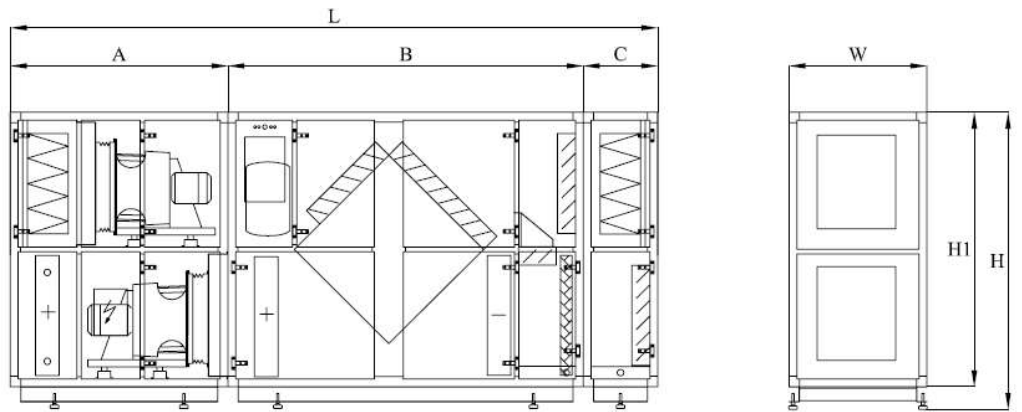
Dr. Willis Haviland Carrier's "Rational Psychrometric Formulae" presented December 3, 1911 became, and still is, the cornerstone of all fundamental calculations in the air conditioning industry. Understanding Carrier's formulae allows engineers to precisely control both the temperature and humidity of the indoor air that surrounds us daily. The formulae, and the graceful lines they trace on the psychrometric chart, have been translated into most of the world's languages, printed in thousands of textbooks and engineers' handbooks.



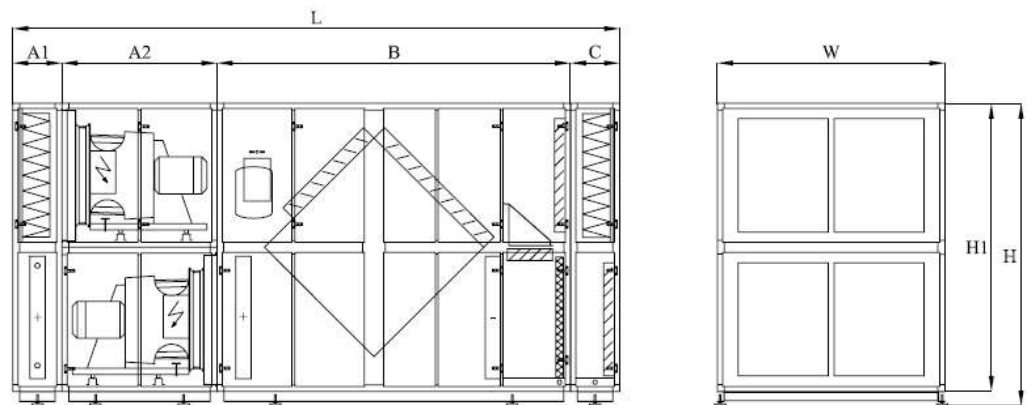
Below 0°C, properties and enthalpy deviation lines are for ice.

**3.2.1 Overall dimensions DanX – XWPS**

The smaller DanX XWPS 2/4 – 9/18 units are built up from three separate modules. The first module contains the two plug fans, return air filter and heating coil, the second the complete heat pump, cross flow heat exchanger and mixing box and the third one the outdoor air filter and exhaust air damper. In the larger DanX XWPS 12/24 – 16/32 the fan/filter/heater module is split up in three separate modules, two fan modules and one filter/heater module.



DanX - XWPS	A mm	B mm	C mm	L mm	W mm	H mm	H1 mm	Weight kg
2/4	1285	1905	475	3665	880	1600	1400	1150
3/6	1390	2270	475	4135	880	1960	1760	1300
5/10	1390	2270	475	4135	1400	1960	1760	1800
7/14	1530	2270	475	4275	1900	2120	1920	2300
9/18	1685	2500	475	4660	1800	2550	2350	2700



DanX - XWPS	A1 mm	A2 mm	B mm	C mm	L mm	W mm	H mm	H1 mm	Weight kg
12/24	475	1400	2600	475	4950	2200	2760	2550	3650
16/32	475	1500	3418	475	5868	2200	3010	2800	4600

3.2.2 DanX - XWPS technical data and capacities

XWPS		9/18	12/24	16/32
Air volume nominal <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup> /h	15500	21500	25500
Ext. duct pressure <sup>1)</sup>	Pa	300	300	300
Outdoor air volume	%	0-100	0-100	0-100
Supply air filter		F7	F7	F7
Return air filter		M5	M5	M5
Unoccupied mode, according VDI 2089 <sup>2)</sup>	kg/h	40	61	70
Occupied mode, according VDI 2089 <sup>2)</sup>	kg/h	100	139	165
Occupied mode, partly outdoor air <sup>3)</sup>	kg/h	81	115	136
Heat output heat exchanger / heat pump <sup>3)</sup>	kW	92.6	139.3	163.2
Heating capacity (Difference return/supply air temp.)	kW	26.1	46.1	53.7
Compressor COP <sup>3)</sup>		5.9	5.2	5.2
Heat output heat exchanger / heat pump <sup>4)</sup>	kW	75.0	115.1	134.6
Heating capacity (Difference return/supply air temp.)	kW	34.8	57.5	67.3
Supply air fan <sup>5)</sup>	kW	5.6	8.3	9.7
Exhaust air fan <sup>5)</sup>	kW	5.1	7.7	9.2
Compressor power consumption <sup>3)</sup>	kW	8.9	15.7	18.5
Total power consumption <sup>3)</sup>	kW	17.0	27.7	33.5
SFP <sup>3)</sup>	kJ/m <sup>3</sup>	1.9	2.0	2.1
Full load current max 3x400V	A	55	62	78.6
Heating coil <sup>6)</sup>	RR	2	2	2
Heat output max	kW	60.5	77.5	91.2
Coil off temperature max	°C	42.6	40.8	40.7
Water flow	l/s	0.82	1.14	1.35
Pressure drop waterside	kPa	4.5	4.2	3.8
Coil connections	"	2	2	2
Heat output water cooled condenser <sup>7)</sup>	kW	29	46	46
Water flow max.	l/h	2750	5300	5300
Pressure drop waterside (max flow)	kPa	40	33	33
Coil connections	"	¾	1	1

<sup>1)</sup> Higher air volumes and external pressures possible

<sup>2)</sup> Pool hall condition at 30°C/54%r.h

<sup>3)</sup> Pool hall condition at 30°C/54%r.h. with 30% outdoor air @ 5°C/85%r.h.

<sup>4)</sup> Pool hall condition at 30°C/54%r.h, unoccupied mode, according VDI 2089

<sup>5)</sup> 100% air exchange

<sup>6)</sup> Air inlet temperature 30°C, water temperature 70°/50°C

<sup>7)</sup> Water temperature 30°C / HP: 40°C



---

**RE: Preço DanX XWPS 12/24 (Académico)**

---

4 de janeiro de 2021 às 10:15

Bom dia , antes de mais agradecemos o seu contato.

Informamos que o preço do equipamento será:

DanX 12/24 XWPS – PVP : 110 000,00 € + IVA

Qualquer duvida contacte-me.

Com cumprimentos / Regards



## PROPOSTA COMERCIAL



n/Ref.: PROPOSTA Nº 2001939-V1

### DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

Fornecimento, montagem, testes e formação para:

#### Piscina Grande 25,00 x 12,50 m

2 Coberturas Térmicas Espuma Eurocover Medidas: 6,25 x 25,00 m = 312,50 m<sup>2</sup>

2 x Enroladores c/Suportes Móveis p/vão de 6.25 m

. As coberturas são fabricadas em polietileno laminado com 6mm de espessura, resistência térmica de 0,158mm<sup>2</sup>, condutividade térmica de 0,038w/mk. Incluem acabamentos perimetrais de reforço, flutuador na extremidade para apoiar o enrolamento e corda para puxar, bem como ligações aos enroladores

. Os enroladores são fabricados em veios e suportes em alumínio lacado ou aço inox, motorização 24V, 120 Nm, 4 rpm, IP55/IP68, equipados c/quadro elétrico, caixa de controlo e comando à distância.



Proposta Comercial Estimativa  
Nº 2001939-V1 Page 3/6

## PREÇOS

Preço Total do Fornecimento: 25.204,25 € (acrescidos de iva à taxa legal).

## CONDIÇÕES COMERCIAIS

A acordar.

## GARANTIA

A garantia é de 24 meses contra defeitos de fabrico e montagem.

Não está incluído na garantia, defeitos com origem em má utilização ou manutenção.

## PRAZOS DE ENTREGA

Saída de fábrica: 5 a 6 semanas após adjudicação.

Entrega da Obra: após 2/3 semanas da entrega.

## SAÚDE E SEGURANÇA EM OBRA

Todos os normais procedimentos de saúde, higiene e segurança em obra são observados.

## VALIDADE DA OFERTA

30 dias.

# Air System Sizing Summary for UTA Piscina

Project Name: 40281 - Jorge Carvalho (Piscina Municipal)1  
 Prepared by: ISEL

05/07/2021  
 06:28

## Air System Information

Air System Name ..... **UTA Piscina**  
 Equipment Class ..... **SPLT AHU**  
 Air System Type ..... **SZCAV**

Number of zones ..... **1**  
 Floor Area ..... **997.5** m<sup>2</sup>  
 Location ..... **Lisbon, Portugal**

## Sizing Calculation Information

Calculation Months ..... **Jan to Dec**  
 Sizing Data ..... **Calculated**

Zone L/s Sizing ..... **Sum of space airflow rates**  
 Space L/s Sizing ..... **Individual peak space loads**

## Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load ..... **166.2** kW  
 Sensible coil load ..... **109.0** kW  
 Coil L/s at Aug 1500 ..... **5201** L/s  
 Max block L/s ..... **5201** L/s  
 Sum of peak zone L/s ..... **5201** L/s  
 Sensible heat ratio ..... **0.656**  
 m<sup>2</sup>/kW ..... **6.0**  
 W/m<sup>2</sup> ..... **166.6**  
 Water flow @ 5.0 °K rise ..... **N/A**

Load occurs at ..... **Aug 1500**  
 OA DB / WB ..... **28.5 / 20.1** °C  
 Entering DB / WB ..... **28.5 / 20.1** °C  
 Leaving DB / WB ..... **11.0 / 10.4** °C  
 Coil ADP ..... **9.1** °C  
 Bypass Factor ..... **0.100**  
 Resulting RH ..... **60** %  
 Design supply temp. .... **15.0** °C  
 Zone T-stat Check ..... **1 of 1** OK  
 Max zone temperature deviation ..... **0.0** °K

## Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load ..... **97.4** kW  
 Coil L/s at Feb 1100 ..... **5201** L/s  
 Max coil L/s ..... **5201** L/s  
 Water flow @ 10.0 °K drop ..... **N/A**

Load occurs at ..... **Feb 1100**  
 W/m<sup>2</sup> ..... **97.6**  
 Ent. DB / Lvg DB ..... **10.0 / 25.6** °C

## Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s ..... **5201** L/s  
 Standard L/s ..... **5163** L/s  
 Actual max L/(s·m<sup>2</sup>) ..... **5.21** L/(s·m<sup>2</sup>)

Fan motor BHP ..... **8.19** BHP  
 Fan motor kW ..... **6.50** kW  
 Fan static ..... **1000** Pa

## Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s ..... **2600** L/s  
 L/(s·m<sup>2</sup>) ..... **2.61** L/(s·m<sup>2</sup>)

L/s/person ..... **12.62** L/s/person

## System Psychrometrics for UTA Piscina

Project Name: 40281 - Jorge Carvalho (Piscina Municipal)1  
 Prepared by: ISEL

05/07/2021  
 06:28

August DESIGN COOLING DAY, 1500

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	28.5	0.01138	5201	400	-5632	-64124
Ventilation Reclaim	Outlet	28.5	0.01138	5201	400	0	0
Vent - Return Mixing	Outlet	28.5	0.01138	5201	400	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	11.0	0.00762	5201	400	109031	57124
Central Heating Coil	Outlet	16.4	0.00762	5201	400	33611	-
Supply Fan	Outlet	17.4	0.00762	5201	400	6501	-
Cold Supply Duct	Outlet	17.4	0.00762	5201	400	-	-
Zone Air	-	29.4	0.01559	5201	1297	74551	121247
Return Plenum	Outlet	29.4	0.01559	5201	1297	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.198 W/(L/s-K)*

*Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2926.3 W/(L/s)*

*Site Altitude = 61.0 m*

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Átrio da Piscina	77173	Cooling	74551	29.4	5201	1297	0	0

## System Psychrometrics for UTA Piscina

Project Name: 40281 - Jorge Carvalho (Piscina Municipal)1  
 Prepared by: ISEL

05/07/2021  
 06:28

### WINTER DESIGN HEATING

**TABLE 1: SYSTEM DATA**

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	5.5	0.00508	2600	400	-34482	0
Ventilation Reclaim	Outlet	16.6	0.00508	2600	400	-34482	0
Vent - Return Mixing	Outlet	22.1	0.00508	5201	406	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	22.1	0.00508	5201	406	0	0
Central Heating Coil	Outlet	33.5	0.00508	5201	406	70770	-
Supply Fan	Outlet	34.5	0.00508	5201	406	6501	-
Cold Supply Duct	Outlet	34.5	0.00508	5201	406	-	-
Zone Air	-	27.6	0.00508	5201	413	-42789	0
Return Plenum	Outlet	27.6	0.00508	5201	413	0	-

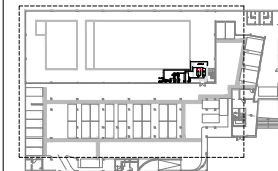
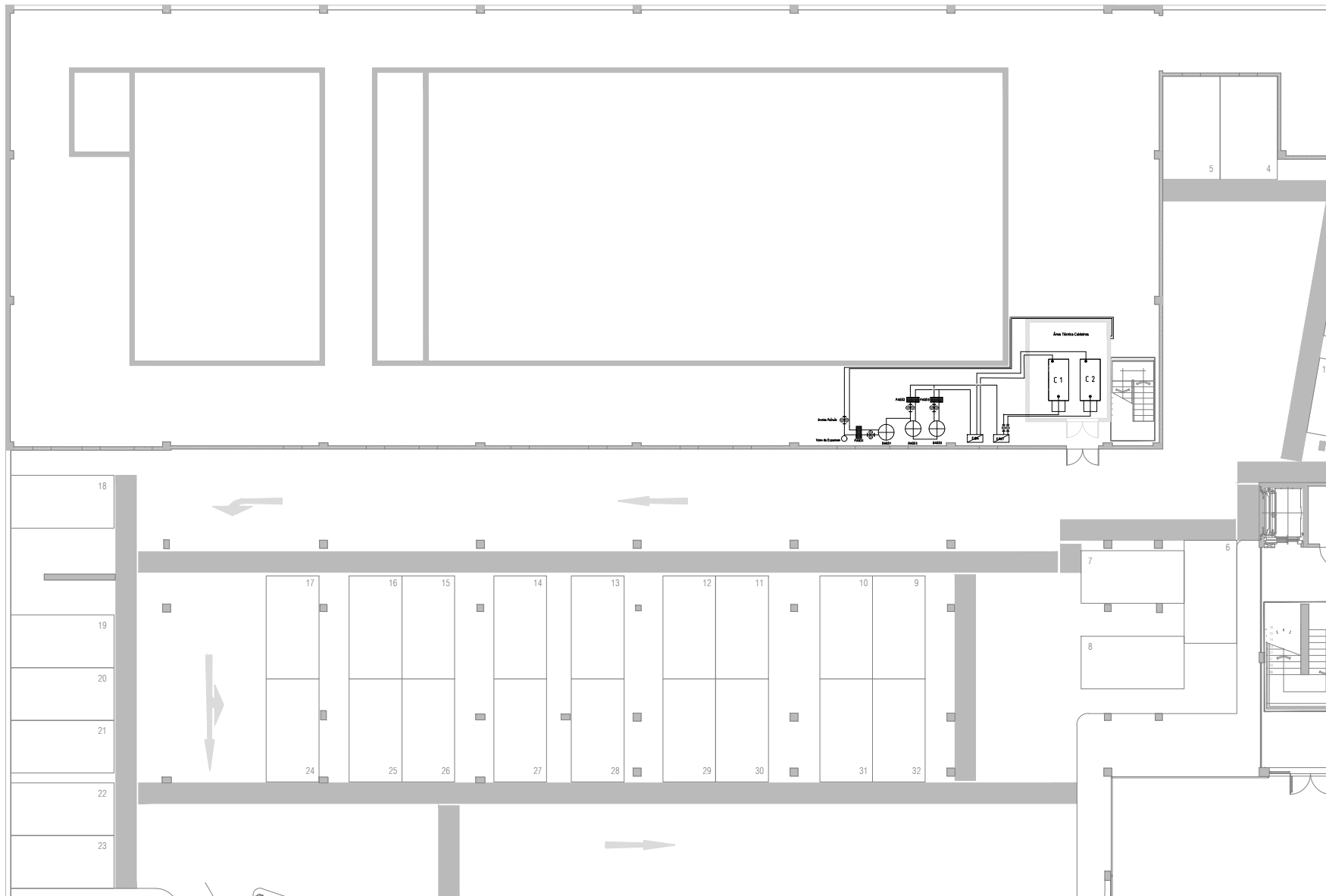
*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.198 W/(L/s-K)*

*Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2926.3 W/(L/s)*

*Site Altitude = 61.0 m*

**TABLE 2: ZONE DATA**

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Átrio da Piscina	-43630	Heating	-42789	27.6	5201	413	0	0



**DISSERTAÇÃO**

Aquecimento de Água a partir de um Sistema Solar-Térmico com apoio de Bomba de Calor.

**DESIGNAÇÃO**

Planta do piso -1 | Esquema de Instalação de Equipamentos

**LOCALIZAÇÃO**

Piscina Municipal do Alvito

**DESENHADO**

Jorge Silva Carvalho

**VERIFICADO**

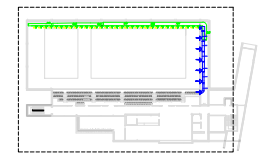
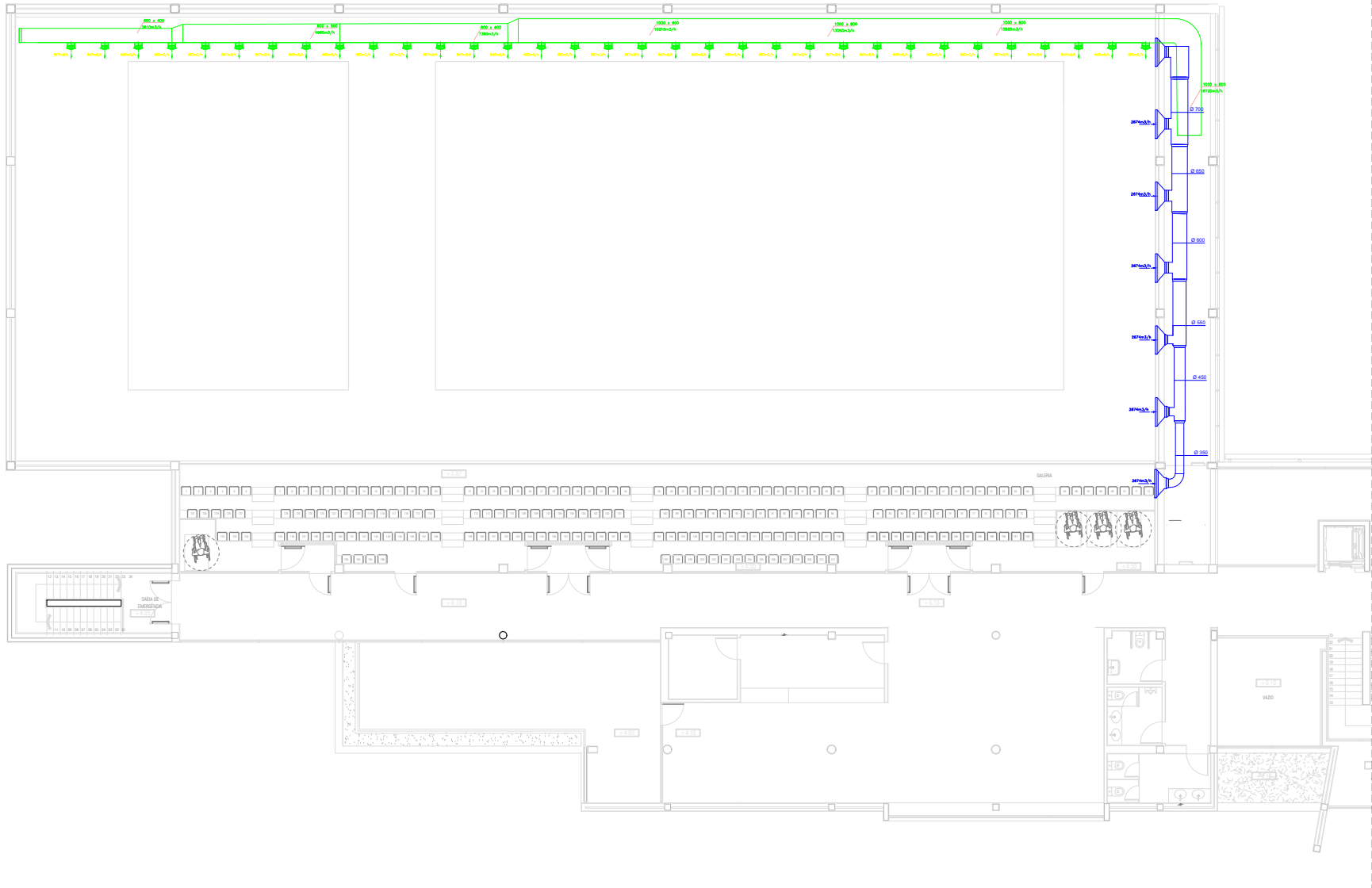
**APROVADO**

DATA 24/03/2021

ESCALA 1:250

DESENHO Nº

03



**SIMBOLÓGIA**

- CONDUITA DE EXTRACÇÃO
- CONDUITA DE INSUFLEÇÃO
- CONDUITA DE RETORNO

**DISSERTAÇÃO**  
 Aquecimento de Água a partir de um Sistema Solar-Térmico com apoio de Bomba de Calor.

**DESIGNAÇÃO**  
 Planta do piso 1 | Esquema de Instalação de Conduitas de Ar

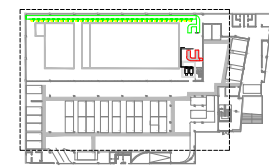
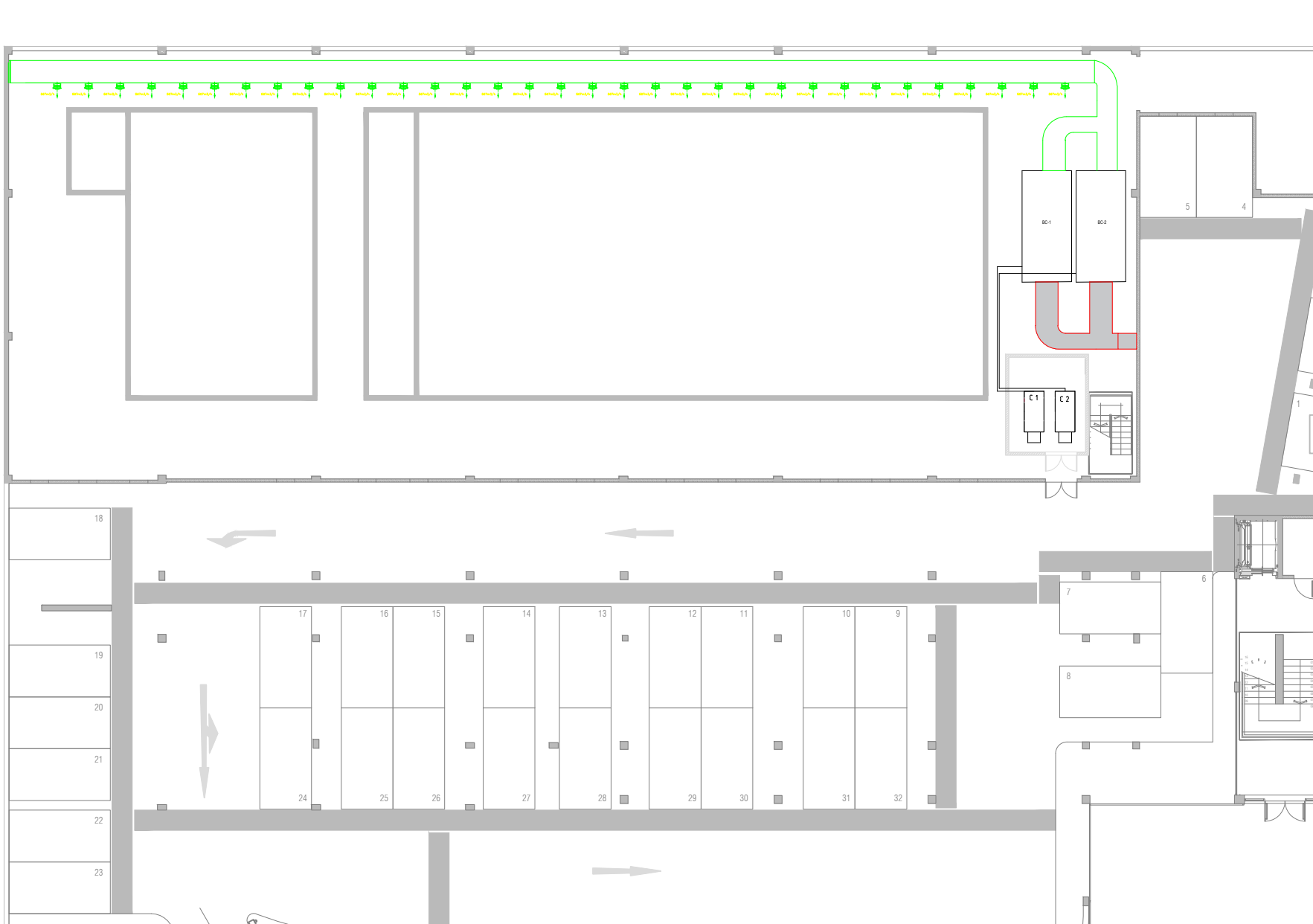
**LOCALIZAÇÃO**  
 Piscina Municipal do Alvito

**DESENHADO**  
 Jorge Silva Carvalho

**VERIFICADO**

**APROVADO**

DATA 24/03/2021  
 ESCALA 1:250



- SIMBOLOGIA**
- CONDUITA DE EXTRAÇÃO
  - CONDUITA DE INSUFLEÇÃO
  - CONDUITA DE RETORNO

**DISSERTAÇÃO**  
 Aquecimento de Água a partir de um Sistema Solar-Térmico com apoio de Bomba de Calor.

**DESIGNAÇÃO**  
 Planta do piso -1 | Esquema de Instalação de Conduitas de Ar

**LOCALIZAÇÃO**  
 Piscina Municipal do Alvão

**DESENHADO**  
 Jorge Silva Carvalho

**VERIFICADO**

**APROVADO**

**DATA** 24/03/2021  
**ESCALA** 1:250