



**IPS** Instituto  
Politécnico de Setúbal  
Escola Superior de  
Tecnologia de Setúbal

**DIOGO RAFAEL  
PEREIRA DA  
SILVA**

201500148

**INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA  
GEOTÉRMICO DE GRANDE  
DIMENSÃO NA QUINTA DA  
OMBRIA**

Projeto Final do Mestrado em Engenharia em  
Gestão de Energia na Indústria e Edifícios

**JÚRI**

*Presidente:* Professor Doutor João Francisco

*Orientador:* Professor Doutor Luís Coelho

*Vogal:* Professor Doutor João Garcia

Setúbal | Fevereiro de 2022



## AGRADECIMENTOS

A realização deste Projeto Final teve vários apoios importantes que não podia deixar passar em claro, sem estes apoios e pilares nada disto seria possível.

Em primeiro lugar, agradecer, ao Professor Luís Coelho, pela sua orientação, disponibilidade, dedicação e total colaboração ao longo desta jornada.

Às pessoas responsáveis pelo Projeto Quinta da Ombria, o Eng<sup>o</sup> Cláudio Correia e o Eng<sup>o</sup> Darko Cuculic, que autorizaram a utilização do tema e sempre demonstraram total empenho e disponibilidade para o que fosse necessário, desde a partilha de documentos e informação, como pelos esclarecimentos que foram dando.

Aos meus colegas da Sotécnica, Eng<sup>o</sup> Carlos Almeida e Eng<sup>o</sup> Rui Alves, pelo contributo em seguir em frente neste processo e por toda a ajuda que me foi dada.

O meu muito obrigado, aos meus pais, avó, tios, tias, irmão, familiares e amigos por acreditarem em mim, no meu valor e por não me deixarem desistir. Por terem sido, todos eles, os meus grandes pilares e darem-me sempre a mão, quando precisei.

À minha namorada, Raquel, por todo o incentivo, carinho, amor durante todo este duro percurso. Obrigado por toda a paciência e dedicação.

E por último, um especial agradecimento com saudade ao meu avô, que foi e sempre será um exemplo de força e grande resiliência.

## RESUMO

No decorrer deste trabalho é efetuada uma revisão bibliográfica sobre os vários tipos de sistemas de energia geotérmica para climatização e produção de AQS, dos respetivos equipamentos e componentes. É também efetuada uma revisão bibliográfica sobre a legislação nacional e nos países de União Europeia, mais relevantes.

É feito um enquadramento da geotermia superficial para climatização, na Europa e em Portugal, através da descrição de casos exemplo e é feita uma análise dos entraves e barreiras à implementação deste tipo de soluções.

O caso de estudo é apresentado através da descrição e caracterização da instalação, com explicação pormenorizada de todos os equipamentos e componentes dos sistemas, incluindo o sistema de controlo e gestão e todo o seu funcionamento.

É elaborada uma análise à operação do sistema e uma análise comparativa relativamente a sistemas mais tradicionais, nomeadamente a aerotérmica.

É ainda efetuada uma descrição do trabalho realizado pelo estudante na implementação da instalação no local do caso de estudo.

Esta empreitada compreende a execução dos quatro campos geotérmicos, tubagem horizontal em vala até áreas técnicas, tubagem do sistema geotérmico no interior das áreas técnicas com picagens e tamponamentos necessários às futuras ligações hidráulicas e bombas de circulação dos sistemas geotérmicos e respetivos acessórios.

Com isto, é concluído que a aposta num tipo de sistema que utilize a energia geotérmica como fonte de energia é uma aposta ganha, não tendo tido ainda a visibilidade certa.

## Palavras-Chaves

---

Geotermia; AVAC; Fontes de Energia Renováveis; Bombas Calor Geotérmicas; Aerotermia; Quinta da Ombria

## ABSTRACT

In the work, a bibliographical review will be carried out on the various types of geothermal energy systems for air conditioning and DHW production, their equipment and components. A literature review will be carried out on national legislation and in the most relevant countries of the European Union.

A framework of surface geothermal for climatization will be made, in Europe and Portugal, through the description of example cases and an analysis of the obstacles and barriers to the implementation of this type of solution.

The case study will be presented with the description and characterization of the installation, with a detailed explanation of all equipment and system components, including the control system, and its operation will be explained.

An analysis of the system operation and a comparative analysis will be carried out in relation to more traditional systems, namely aerothermal.

Will also be made a description of the work carried out by the student in the implementation of the installation at the place of the case study.

This contract includes the execution of four geothermal fields, horizontal piping in trenches to technical areas, piping of the geothermal system within the technical areas with chipping and buffering necessary for future hydraulic connections and circulation pumps of the geothermal systems and respective accessories.

With this, it is concluded that the bet on a type of system that uses geothermal energy as an energy source is a winning bet, having not yet had the right visibility.

## Keywords

---

Geothermy; HVAC; Renewable energy; Geothermal heat pumps; Aerothermy; Quinta da Ombria

---

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iii
<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTAGEM DE SIGLAS</b> .....	xi
<b>MOTIVAÇÃO</b> .....	xii
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	2
<b>CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO</b> .....	3
<b>ATIVIDADES A DESENVOLVER</b> .....	4
<b>CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b> .....	5
<b>1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
<b>1.2. HISTÓRIA DA GEOTERMIA</b> .....	8
<b>1.3. DIFERENTES SISTEMAS DE GEOTERMIA PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DE EDIFÍCIOS</b> .	9
<b>1.4. INSTALAÇÃO DE FUROS GEOTÉRMICOS</b> .....	11
<b>1.5. BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS</b> .....	13
<b>1.6. ENSAIOS A SISTEMAS DE GEOTERMIA PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DE EDIFÍCIOS</b> ..	13
1.6.1. Teste de Resposta Térmica (TRT).....	13
<b>1.7. MANUTENÇÃO DO SISTEMA GEOTÉRMICO</b> .....	17
<b>1.8. BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS VS BOMBAS DE CALOR AEROTÉRMICAS</b> .....	17
<b>1.9. PRINCIPAIS MARCAS COM BCG VS BCA</b> .....	17
<b>1.10. PAÍSES QUE UTILIZAM ESTE TIPO DE ENERGIA</b> .....	18
<b>1.11. A ENERGIA GEOTÉRMICA EM PORTUGAL</b> .....	19
<b>CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO</b> .....	20
<b>2.1. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO E DA METODOLOGIA UTILIZADA QUINTA DA OMBRIA</b> .....	20
2.1.1. Caracterização do Complexo Quinta da Ombria .....	20
Hotel, Villas A e B .....	21
SPA e Villas J, Q e Y2 .....	22
Restantes Villas: .....	22
2.1.2. Caracterização do espaço envolvente .....	22
2.1.3. Caracterização dos Edifícios.....	23
2.1.4. Caracterização do Clima .....	23
2.1.5. Caracterização do Solo.....	23

2.1.6.	Caracterização dos Sistemas de Climatização .....	24
2.1.7.	Potencias dos Sistemas de Climatização .....	25
2.1.8.	Sistema Solar Térmico.....	25
2.1.9.	Injeção de calor no solo por meio de painéis solares.....	25
2.1.10.	Instalações de Climatizações .....	27
2.1.11.	Caracterização dos Circuitos de Geotermia .....	28
	<i>Loop</i> (circuito) 2 Hotel .....	28
	<i>Loop</i> (circuito) 3 e 4- Villas e SPA .....	28
2.1.12.	Caracterização dos Consumos Energéticos (HAP) .....	29
	<b>Hotel</b> .....	29
	<b>SPA</b> .....	33
	<b>Villas</b> .....	35
	<b>Villas</b> .....	38
2.1.13.	Caraterização do Circuito Primário da Geotermia.....	40
2.1.14.	Disponibilização de furos.....	41
<b>2.2.</b>	<b>MODO DE UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA NA QUINTA DA OMBRIA</b> .....	<b>42</b>
<b>2.3.</b>	<b>ENSAIOS AOS SISTEMAS TÉCNICOS NA QUINTA DA OMBRIA</b> .....	<b>42</b>
	<b>2.3.1. Vistoria ao Pavimento Radiante</b> .....	<b>43</b>
	<b>2.3.2. Vistoria à Tubagem de AVAC</b> .....	<b>44</b>
	<b>2.3.3. Outras vistorias a ser feitas</b> .....	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO NA QUINTA DA OMBRIA</b> .....		<b>45</b>
<b>3.1.</b>	<b>INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DO RESORT QUINTA DA OMBRIA</b> .....	<b>45</b>
<b>3.2.</b>	<b>INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DO HOTEL</b> .....	<b>46</b>
<b>3.3.</b>	<b>INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DO SPA</b> .....	<b>49</b>
<b>3.4.</b>	<b>INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DAS VILAS</b> .....	<b>51</b>
<b>3.5.</b>	<b>INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS GTC</b> .....	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO PRÁTICO DO PROJETO</b> .....		<b>58</b>
<b>4.1.</b>	<b>ESTUDO DOS FATORES FAVORÁVEIS DA GEOTERMIA</b> .....	<b>58</b>
<b>4.2.</b>	<b>POTENCIAL UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA EM EDIFÍCIOS RESIDÊNCIAS EM PORTUGAL</b> .....	<b>66</b>
<b>4.3.</b>	<b>POTENCIAL UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA EM EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS EM PORTUGAL</b> 67	<b>67</b>
<b>4.4.</b>	<b>VANTAGENS DE DESENVOLVER MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA</b> .....	<b>68</b>
<b>4.5.</b>	<b>CASOS TIPO</b> .....	<b>69</b>
	<b>4.5.1. Situação Clima Frio, Hotel</b> .....	<b>69</b>
	<b>4.5.2. Situação Clima Quente Hotel</b> .....	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....		<b>75</b>
<b>5.1.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>75</b>

<b>5.2. TRABALHOS FUTUROS</b> .....	76
<b>5.3. REFERÊNCIAS</b> .....	77
<b>ANEXOS</b> .....	79
<b>Esquema de Princípio – Villa</b> .....	79
<b>Esquema Princípio – SPA</b> .....	84
<b>Esquema Princípio – HOTEL</b> .....	86
<b>Esquema Princípio – GTC</b> .....	89



## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Águas Termais</i>	6
<i>Figura 2 - Central Geométrica</i>	6
<i>Figura 3 - Bomba de calor</i>	7
<i>Figura 4 - Esquema de um sistema Geotérmico</i>	9
<i>Figura 5 - Máquina utilizada nas furações</i>	11
<i>Figura 6- Instalação de sonda</i>	11
<i>Figura 7 – Ensaio de Pressão</i>	12
<i>Figura 8 - TRT</i>	14
<i>Figura 9- Tipos de tubagem de Geotermia ISO_FDIS_17628_(E).pdf</i>	15
<i>Figura 12- Sistema de Painéis e injeção de calor no solo</i>	26
<i>Figura 13- Consumos de Aquecimento</i>	27
<i>Figura 17- Consumos ao longo do ano</i>	31
<i>Figura 18- Consumos ao longo do ano</i>	32
<i>Figura 19- Consumos ao longo do ano</i>	34
<i>Figura 20- Consumos ao longo do ano</i>	35
<i>Figura 21- Consumos ao longo do ano</i>	36
<i>Figura 22- Consumos ao longo do ano</i>	37
<i>Figura 23- Consumos ao longo do ano</i>	40
<i>Figura 25- Arranjo geométrico dos furos</i>	41
<i>Figura 26 – Ficha de Ensaio de Pavimento Radiante</i>	43
<i>Figura 27 – Ficha de Ensaio da Tubagem de AVAC</i>	44
<i>Figura 28 – Central Técnica UTAs</i>	47
<i>Figura 29 – Central Técnica Bombas</i>	48
<i>Figura 30 – Central bombas calor geotérmicas</i>	49
<i>Figura 31 – VCs e troço de condutas</i>	49
<i>Figura 32 – Compatibilização de Especialidades</i>	50
<i>Figura 33 – Entrada tubagem geotermia nas caves das Villas</i>	51
<i>Figura 34 – Zona Técnica nas Villas</i>	51
<i>Figura 35 – Hidrobox Villas</i>	52
<i>Figura 36 – BS, caixas de derivação da tubagem de cobre</i>	53
<i>Figura 37 – Unidades Interiores Villas</i>	54
<i>Figura 38 – Pavimento Radiante Villas</i>	54
<i>Figura 39- Consumos ao longo do ano</i>	70
<i>Figura 40- Consumos ao longo do ano</i>	72
<i>Figura 41- Consumos ao longo do ano</i>	73
<i>Figura 42- Consumos ao longo do ano</i>	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Espaços Climatizados	23
Tabela 2- Condições exteriores	23
Tabela 3- Dados Geográficos	23
Tabela 4- Caudais de Projeto	25
Tabela 5- Caudais das Villas	24
Tabela 6- Potências de Projeto	25
Tabela 7- Tipos de Equipamentos AVAC	28
Tabela 8- Consumos de Aquecimento do Hotel	30
Tabela 9- Aquecimento do Hotel ao longo do Ano	31
Tabela 10- Consumos de arrefecimento do Hotel	32
Tabela 11- Consumos de Aquecimento do SPA	33
Tabela 12- Consumo de arrefecimento do SPA	34
Tabela 13- Consumos de Aquecimento das Villas	36
Tabela 14- Consumos de arrefecimento ao longo do ano	37
Tabela 15- Consumos de aquecimento das Villas	39
Tabela 16- Consumo de arrefecimento das Villas	39
Tabela 17- Número de furos Geotérmicos	42
Tabela 18- Características das Bombas de Calor Geotérmicas	46
Tabela 19- Dados de Curva característica para aquecimento	60
Tabela 20 - Set Point de temperatura	60
Tabela 21 - Consumos de aquecimento	60
Tabela 22 - Dados de Curva característica para arrefecimento	61
Tabela 23 - Set Points de aquecimento	61
Tabela 24 - Set Points de arrefecimento	61
Tabela 25 - Consumos de arrefecimento	61
Tabela 26 - Set Points das Vilas	62
Tabela 27 - Set Points do Hotel	62
Tabela 28 - Set Points de Arrefecimento do Hotel	62
Tabela 29 - Set Points de Aquecimento do SPA	62
Tabela 30 - Set Points de Arrefecimento do SPA	63
Tabela 31- COP e EER de Aerotermia	63
Tabela 32- COP e EER de Geotermia	63
Tabela 33- Necessidades das Villas	63
Tabela 34- Necessidades do SPA	63
Tabela 35- Necessidades do Hotel	64
Tabela 36- Consumos das Villas	64
Tabela 37- Consumos do SPA	64
Tabela 38- Consumos do Hotel	64
Tabela 39 - Emissões de CO2 no complexo	65
Tabela 40- Consumos Aquecimento Hotel	69
Tabela 41- Consumo Arrefecimento anual	71
Tabela 42- Consumos de Aquecimento	73
Tabela 43- Consumos arrefecimento ao longo do ano	74

## LISTAGEM DE SIGLAS

<b>ANA</b>		Aeroportos e Navegação Aérea
<b>AQS</b>		Águas Quentes Sanitárias
<b>AVAC</b>		Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
<b>BCA</b>		Bomba de Calor Aerotérmica
<b>BCG</b>		Bomba de Calor Geotérmica
<b>COP</b>		Coeficiente de Desempenho
<b>DAQS</b>		Depósito de Águas Quentes Sanitárias
<b>DSOLAR</b>		Depósito Solar
<b>EER</b>		Rácio de Eficiência Energética
<b>HAP</b>		Hourly Analysis Program
<b>LNEC</b>		Laboratório Nacional de Engenharia Civil
<b>NZEB</b>		Nearly Zero Energy Building
<b>PEAD</b>		Tubo de Polietileno de Alta Densidade
<b>PE-Xa</b>		Tubo Polietileno Reticulado
<b>RCF's</b>		Registos Corta Fogo
<b>RECS</b>		Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios e Serviços
<b>SCE</b>		Sistema de Certificação Energética de Edifícios
<b>TRT</b>		Teste de Resposta Térmica
<b>URCs</b>		Unidades de Recuperação de Calor
<b>UTA</b>		Unidade de Tratamento de Ar
<b>UTANs</b>		Unidade de Tratamento de Ar Novo
<b>VCs</b>		Ventiloconvectores
<b>VEDs</b>		Ventilador de Extração Desenfumagem
<b>VIDs</b>		Ventilador de Insuflação de Desenfumagem
<b>VPs</b>		Ventilador de Pressurização
<b>VRF</b>		Caudal de Fluido Frigorígeno Variável ( <i>Variable Refrigerant Flow</i> )
<b>GCHPS</b>		Bombas de Calor acopladas ao Solo

## MOTIVAÇÃO

De modo a atingir o grande objetivo em concluir este Mestrado, que apesar de recente, tem um interesse extremo, propus-me realizar este Projeto Final com o maior sucesso que conseguir.

Devido ao facto, de me encontrar empregado numa Empresa de seu nome Sotécnica, a qual executa obras por todo o país e de grandes dimensões, tive a felicidade da minha vida profissional se ter aliado à realização deste Projeto. Quando surgiu a oportunidade de fazer parte desta Empreitada, Quinta da Ombria, aceitei de imediato. Posteriormente, e depois de estudar o Projeto, apercebi-me de que poderia ter aqui uma grande oportunidade de tema para o Projeto final de curso, que é um tema que me suscita bastante o interesse.

## INTRODUÇÃO

Devido ao facto do aquecimento e do arrefecimento dos edifícios e mesmo de situações domésticas deixarem muitas vezes esta opção da Energia Geotérmica para segundo plano, ora por falta de informação, ora por falta de estudo sobre o tema ou até por pouca mão de obra especializada, é de uma importância alta começar a virar atenções para esta fonte em detrimento de outras fontes mais prejudiciais para o Ambiente e para o Ecossistema.

Em Portugal é um tipo de sistema muito pouco utilizado, ao contrário de outros países, que já começaram a ter avanços significativos nesta área.

Devido à oportunidade de trabalhar na Empresa, Sotécnica, e pelo facto de a mesma ter o objetivo de realizar a instalação das especialidades de AVAC e Hidráulicas, no projeto Quinta da Ombria, após ter sido escolhido para participar nesta Empreitada, proporcionou-me assim a oportunidade de realizar um estudo mais profundo e concreto do que é e do que pode vir a ser um dia futuramente a Energia Geotérmica nas nossas vidas.

## OBJETIVOS

O objetivo principal do Projeto Final é desenvolver um trabalho baseado na instalação de sistemas de AVAC e de produção de AQS associados a energia Geotermia superficial através de bombas de calor geotérmicas. Os sistemas estão a ser instalados na Ombria Resort, sendo a maior instalação de energia geotérmica para climatização e AQS em Portugal e por isso é considerada um caso de estudo importante nessa área.

Numa outra vertente, um dos grandes objetivos deste trabalho será estudar uma área que ainda não conseguiu ter a visibilidade e o aproveitamento que poderia vir a ter. Sendo uma solução eficiente baseada numa Fonte de Energia Renovável, que será sempre um bom caminho a seguir. Assim os objetivos específicos do trabalho final são:

- Apresentar e analisar os sistemas de Geotermia para Climatização e AQS do Hotel, SPA e Vilas;
- Fazer uma descrição da execução dos sistemas de Geotermia na Quinta da Ombria;
- Fazer uma análise dos requisitos de conceção da instalação segundo a legislação nacional SCE;
- Desenvolvimento do estudo comparativo entre os Sistemas de Geotermia instalados e a alternativa baseada na Aerotermia (eficiência energética, instalação, manutenção, operação, ruído e impactos ambientais).
- Estudar o Potencial na utilização da Geotermia em Edifícios Residências e em Edifícios de Comércio e Serviços em Portugal.
- Discutir a necessidade do desenvolvimento de mão de obra especializada em Geotermia, em Portugal.

## CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Neste caso de estudo que é a Quinta da Ombria pretende-se recorrer a um sistema geotérmico de baixa entalpia, com recurso a bombas de calor geotérmicas, para satisfazer as necessidades de aquecimento e arrefecimento do ambiente interior, para produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e aquecimento de piscinas.

O empreendimento a construir está localizado em Loulé, na aldeia de Tôr. O sistema de captação / rejeição de calor geotérmico é do tipo circuito fechado, através de permutadores de calor enterrados verticalmente.

De modo a serem adotadas boas práticas para a promoção de uma eficiência energética de excelência, optou-se pelo aproveitamento de uma energia renovável com um mínimo impacto ambiental.

O Sistema de produção de água aquecida e arrefecida para climatização ambiente e para aquecimento de água quente sanitária (AQS) e Piscinas, assenta num sistema do tipo bomba de calor geotérmica que troca calor com o solo. Este sistema consegue responder a qualquer solicitação de energia térmica do edifício, o que significa que pode produzir água aquecida e arrefecida em simultâneo para os diversos sistemas.

A terra possui uma elevada inércia térmica, constituindo um enorme acumulador de energia. De acordo com a memória descritiva do Projeto, à profundidade de 5 m a temperatura é estável e de aproximadamente 17,2 °C todo o ano. Existe assim uma grande quantidade de energia disponível que pode ser aproveitada para a satisfação das necessidades do edifício.

Dada a dimensão e geometria da zona de construção, em ambas as parcelas do empreendimento, o sistema geotérmico será dividido em quatro zonas, cada uma delas com um circuito independente.

## ATIVIDADES A DESENVOLVER

Neste projeto final são apresentadas várias atividades que foram desenvolvidas ao longo do mesmo. No início, é feita uma revisão do que é a Geotermia, como é utilizada, a história, ou os diferentes tipos de Geotermia. No fundo, é feito um enquadramento acerca do assunto da Geotermia. De seguida, irá existir um aprofundamento sobre o tema, desde o tipo de bombas de calor geotérmicas até à comparação com outros tipos de bombas. Passando também pela explicação da instalação em si e do tipo de ensaios que é feito.

De seguida, é apresentado o caso de estudo, que é o Projeto Quinta da Ombria, que será o maior projeto a utilizar a energia geotérmica de Portugal e por si só já terá uma grande importância e responsabilidade acrescida. Nesta atividade, vai haver uma caracterização de todo o Projeto Quinta da Ombria, desde a caracterização do terreno e das suas condições, do clima e dos sistemas de climatização adotados.

Numa fase posterior, é descrito o desenvolvimento do trabalho que vai ser feito neste projeto, e as caracterizações das instalações dos sistemas de climatização e AQS do Hotel, SPA e das Villas. É analisado o cumprimento de todos os requisitos regulamentares de conceção das instalações de climatização de AQS que serão executadas. Nesta fase existe a descrição do avanço dos trabalhos e de como os mesmos estão a ser executados.

Numa fase final e de modo a retirar algumas conclusões, pretendeu-se fazer um estudo acerca dos fatores favoráveis à geotermia. E também estudar o possível potencial de utilização deste tipo de sistemas em edifícios do tipo residencial e de comércio e serviços.



### 1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### O que é a Energia Geotérmica

A energia geotérmica tem origem no interior da terra. Em termos médios, a temperatura aumenta, com a profundidade, cerca de 33°C por Km. Porém, devido à heterogeneidade da crosta terrestre, o gradiente de temperatura pode ser inferior ou superior àquele valor. São as zonas de elevado gradiente, que mais interessam para aproveitamento energético. As designações de alta e baixa entalpia, são geralmente utilizadas para caracterizar as características térmicas do fluido, consoante a sua temperatura seja superior ou inferior a 150°C. O aproveitamento da energia geotérmica implica a existência de um fluido, normalmente a água, que transporte o calor do interior da terra para a superfície. No caso da sua não existência, pode recorrer-se à injeção de água.

É considerada uma energia renovável porque não estamos a gastar recursos e tem ainda a particularidade de ter um potencial inesgotável, como a do sol, como título de exemplo. Esta fonte de energia pode ser utilizada tanto para a geração de energia elétrica, como também para aquecimento e climatização de edifícios, ou até para aquecimento de AQS.

Em relação à energia do solo, tem uma grande vantagem em relação à energia solar, esta primeira não depende do clima ou de alturas do ano, é uma fonte de energia mais homogênea.

#### Como é utilizada a Energia Geotérmica

Os recursos geotérmicos podem ser utilizados para produção de eletricidade ou para a utilização de calor, de forma direta, ou através de bombas de calor geotérmicas para aquecimento e arrefecimento ambiente, produção de AQS, aquecimento de piscinas, entre outras utilizações.

Devido à necessidade de obter energia elétrica de uma forma mais limpa e em quantidades cada vez maiores, foram desenvolvidos modos de utilização desse mesmo calor para a geração de eletricidade. A utilização do calor de recursos geotérmicos aumenta a eficiência energética nos sistemas de aquecimento e arrefecimento e evita a utilização de combustíveis fósseis, nomeadamente na climatização de edifícios e em aplicações indústrias.

Existem, portanto, três formas de utilizar a energia geotérmica:

1. **Utilização direta:** reservatórios geotérmicos (figura 1), de temperaturas baixas moderadas ( $40^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$ ) podem ser aproveitados diretamente para fornecer calor para a indústria, aquecimento ambiente, termas ou outros aproveitamentos.



Figura 1 - Águas Termais

<https://www.portal-energia.com/energia-geotermica-calor-da-terra/>

2. **Centrais Geotérmicas:** aproveitamento direto de fluidos geotérmicos em centrais a altas temperaturas ( $> 120^{\circ}\text{C}$ ), para movimentar uma turbina (figura 2) e produzir energia elétrica.

A utilização da energia geotérmica é conseguida através da perfuração de poços de modo a alcançar os reservatórios, trazendo para a superfície o vapor da água quente de alta pressão, dirigindo o vapor e água quente a unidades distintas nas turbinas das centrais geotérmicas.

A energia térmica é, convertida em energia elétrica, geralmente em ciclos de Rankine orgânicos. Este fluido geotérmico vai, portanto, ser arrefecido e colocado no reservatório onde vai ser novamente aquecido.

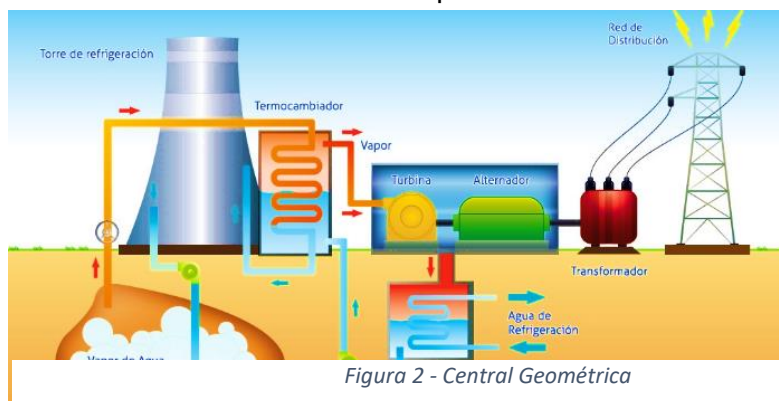


Figura 2 - Central Geométrica

<https://www.portal-energia.com/energia-geotermica-calor-da-terra/>

3. **Bombas de calor geotérmicas (BCG):** Os sistemas geotérmicos de aquecimento e arrefecimento (figura 3), funcionam pelo fornecimento de água através de um tubo inserido no solo, que através da diferença de temperatura do subsolo aquecem ou arrefecem água e, posteriormente, o ar dentro dos edifícios. Estes sistemas funcionam com a chamada geotermia superficial, em geral com furos geotérmicos com profundidades até cerca de 200 m, onde a energia retida no solo provem em grande parte da energia solar que é absorvida pela superfície terrestre.

Além de utilizar as energias renováveis em vez de um combustível fóssil para aquecer os edifícios, um sistema de energia geotérmica usa 70% menos energia para executar o mesmo que um sistema convencional de aquecimento e refrigeração e 30% a 50% menos energia do que um novo sistema de aquecimento e refrigeração.

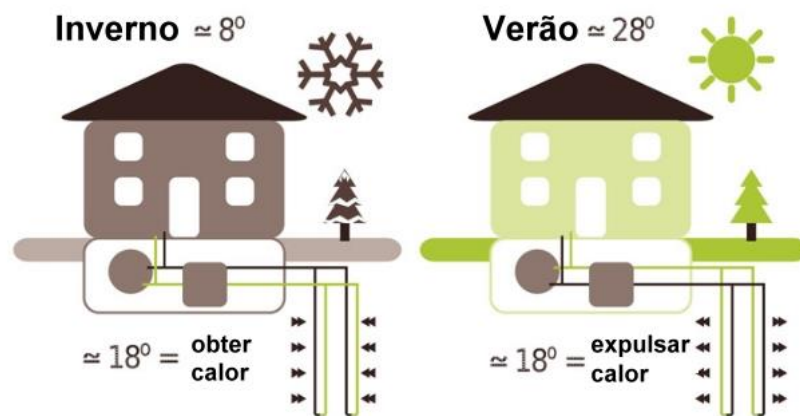


Figura 3 - Bomba de calor

## 1.2. HISTÓRIA DA GEOTERMIA

No mundo, existem diversas fontes de energia, como sabemos, existem as fontes renováveis e não renováveis. Uma fonte de energia renovável é a geotermia, que tem como base o calor proveniente da terra, bem como a energia solar armazenada na sua superfície.

Este tipo de energia existe há milhões de anos, no entanto, só tem vindo a ser utilizada há cerca de 10 000 anos [11]. O primeiro uso industrial realmente com utilidade foi em Pisa, Itália, no final do século XVIII. O calor retirado era utilizado para extrair ácido bórico das piscinas quentes que hoje são conhecidas como campos de Larderello [11]. Estes fatores conduziram à criação de novas indústrias na região que mais tarde se comprovou ser o local mais quente de todo o continente europeu. Em 1904 produziu-se pela primeira vez eletricidade a partir do vapor geotérmico em Larderello.

Já em termos domésticos, as primeiras casas habitacionais a receberem calor geotérmico foram em Warm Springs Avenue, Idaho, em 1892 [11].

O primeiro sistema de distribuição de calor urbano foi construído em Chaudes-Aigues (França) no séc. XIV estando ainda em atividade.

Decorridos 45 anos, é que novas centrais geotérmicas foram construídas, isto devido à novidade dos combustíveis fósseis. Só em 1958 na Nova Zelândia e em 1959 no México, seguidas pelo início do desenvolvimento do recurso geotérmico na área de Los Alamos, a Norte de S. Francisco (Califórnia), em 1960, é que se voltou a considerar a exploração deste recurso, se bem que este já estivesse presente em muitos países.

### 1.3. DIFERENTES SISTEMAS DE GEOTERMIA PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DE EDIFÍCIOS

#### Sistema anel fechado, sistema circuito primário fechado

Este sistema é formado por dois circuitos (figura 4), um circuito do lado do solo e um segundo circuito que troca o calor com o outro circuito, através de uma bomba de calor. São constituídos por tubos mais longos e mais compridos para um melhor funcionamento do sistema. Existe ainda um sistema extra que bombeia fluido entre o circuito de água e o circuito refrigerante. Podem ainda, ser de dois tipos, sistema vertical e horizontal.

#### Captação horizontal

Os captadores de energia são colocados no terreno normalmente a uma profundidade entre os 60 cm e os 70 cm. Este é o sistema mais comum e o mais fácil e económico de instalar. Necessita de uma área para colocação dos captadores 1,5 vezes superior à área a climatizar.[2] <https://www.enat.pt/geotermia>. Accessed 6 Nov. 2021

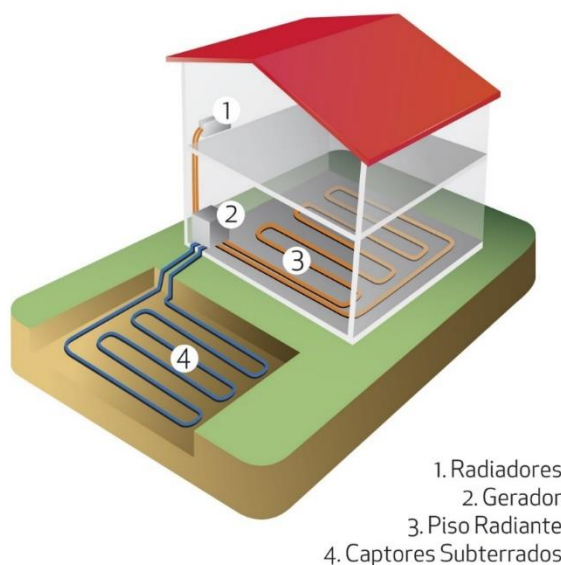


Figura 4 - Esquema de um sistema Geotérmico

#### Captação Vertical de circuito fechado em Furos Geotérmicos

As sondas geotérmicas verticais têm uma profundidade aconselhada entre os 80 m e os 120 m, sendo ainda aceitável atingir profundidades até 200 m. Este método é energeticamente mais eficiente, mas possui um custo de instalação superior. É normalmente utilizado quando não existe terreno suficiente para instalar captadores horizontais.

#### Sistema de lago

Este tipo de sistema possui uma fonte de água próxima à sua instalação. Os tubos vão do edifício ao corpo de água e apresentam uma forma concêntrica para que a água não congele. É um sistema que é utilizado, com ou, sem o Sistema Geotérmico.

## Sistema de circuito aberto

Neste tipo de sistema é necessário que haja continuamente água limpa e que possa ser aproveitada de modo a haver absorção de calor na água abaixo da terra. É retirada a água para posteriormente ser injetada. Tem a vantagem de só necessitar de dois furos, um de extração e outro de injeção, e tem também a desvantagem de acumular muita sujidade nos permutadores. Existe também uma possível contaminação da água. Um país que consegue adotar este sistema da melhor maneira, são os Países Baixos, devido aos muitos canais e níveis freáticos elevados, que a caracterizam.

## Utilização direta do recurso Geotérmico

Em vez de existir trocas de calor por circulação, irá haver troca direta com o solo. As trocas diretas são implementadas em zonas caracterizadas por terem temperaturas muito elevadas, como é o caso de alguns locais nos Açores, ou no continente em Chaves.

## Fatores que determinam os diferentes tipos de sistemas de Geotermia a adotar

- ┌ Condições meteorológicas;
- ┌ Condições do solo;
- ┌ Custos de investimento;
- ┌ Custos de mão de obra;
- ┌ Espaço ou área disponível para o sistema.

## 1.4. INSTALAÇÃO DE FUROS GEOTÉRMICOS

### Instalação Vertical

Na instalação vertical (figura 5), as sondas têm usualmente entre 80 m a 120 m de profundidade. Energeticamente também é mais rentável que a solução na horizontal e tem uma área de implementação menor. Já o custo de mão de obra é mais elevado

- **Furação** – Máquinas Comachio 900 com diâmetros de 152 e 130 mm e profundidades de 110 a 125m.



Figura 5 - Máquina utilizada nas furações

- **Instalação da sonda** – Sondas simples Raugco DN40 (figura 6), com paredes rugosas de modo a diminuir a permeabilidade vertical. Com peso que ajuda na inserção de 25kg.



Figura 6- Instalação de sonda

- **Ensaio Inicial** – Ensaio de caudal e pressão segundo UNE 100715-1. (10min a 6,0bar, após meia hora a sonda perde pressão por dilatação, depois 1h com perdas < a 0,2bar)



- **Enchimento** – Com a sonda em carga (2,5bar) procede-se ao enchimento com grout de condutividade 1,9 de baixo para cima.

- **Ensaio Final** – Ensaio de pressão segundo UNE 100715-1 (figura 7), após 7dias do enchimento. (10min a 12bar, após 1h com perdas inferiores a 30%, reduz-se 2bar, depois 30min com perdas < a 0,1bar e 90min com perdas < a 0,25bar)

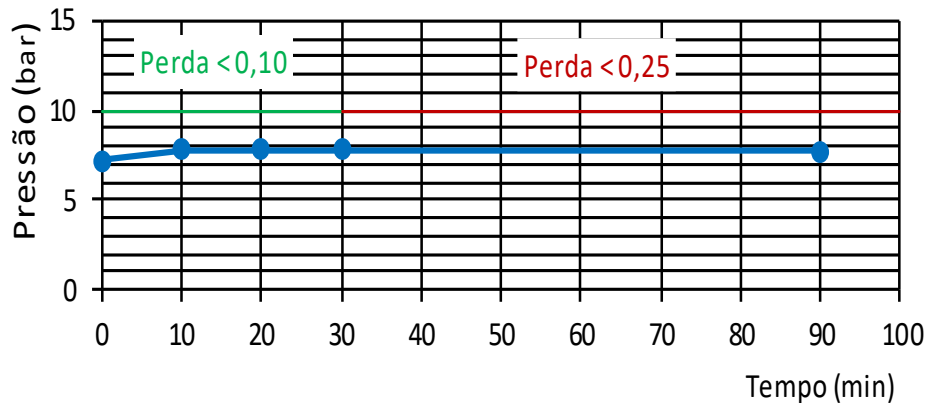


Figura 7 – Ensaio de Pressão

### Instalação Horizontal

Na instalação horizontal, contrariamente com a vertical, a tubagem é colocada muito mais perto da superfície, a sensivelmente 70 cm, o que torna mais fácil a instalação. No entanto, é necessária uma área de implementação muito superior.

- **Caixas e coletores** – Caudalímetro e válvula por cada ida e retorno de cada furo.

Ida-azul e retorno (Laranja).

- **Tubagem** – Tubo entre furos e caixas – Tubagem em PE-Xa, DN40 com ligações de latão tipo casquilho deslizante e cinta de contração.

Tubo entre caixa e sala técnica - Tubagem em PEAD, DN75 a 225 com juntas electro soldadas.

- **Ensaio Caixa** – Ensaio de pressão entre furo e coletor segundo UNE 100715-1.

(10min a 4bar, após 1h com perdas não > ou igual a 3,4bar (15%))



## 1.5. BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS

É considerado um tipo de sistema de arrefecimento e/ou aquecimento, que tem como principal função, utilizar o calor do solo para arrefecimento e aquecimento e preparação de AQS. Em que expulsa e absorve calor do ambiente subterrâneo. Isto acontece, devido ao facto da temperatura do solo, por norma, manter-se constante e a temperaturas moderadas, independentemente das mudanças meteorológicas.

Na escolha da bomba de calor geotérmica, é importante ter em atenção alguns fatores e um deles será a eficiência energética, que é caracterizado pelo COP da bomba.

Podem usar todos os níveis de temperatura no subsolo, mesma que seja apenas 3-15°.

## 1.6. ENSAIOS A SISTEMAS DE GEOTERMIA PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DE EDIFÍCIOS

### 1.6.1. Teste de Resposta Térmica (TRT)

O objetivo dos testes de resposta térmica (figura 8), é obter a temperatura média não perturbada do solo *in-situ* e a sua condutividade térmica efetiva, mediante a entrega de uma taxa de energia constante por uma altura considerável. Permite também determinar a resistência térmica entre furo (BHE) e subsolo.

- ┌ **temperatura do solo imperturbável [T0]** Temperatura média ao longo da profundidade do furo (BHE). Uma T0 alta aumenta sempre a eficiência no modo de aquecimento;
- ┌ **condutividade térmica [λ]** Capacidade do solo / rocha para conduzir o calor. Uma maior condutividade térmica aumenta a eficiência do coletor (BHE). O calor é transportado mais rápido quando a condutividade é maior;
- ┌ **resistência térmica [Rb]** Fluxo de calor transferido entre o fluido e o furo.



Figura 8 – Equipamento para Testes de Resposta Térmica (TRT)

Valores médios para o cálculo:

- Temperatura 17,2 °C;
- Condutividade térmica: 2,14 W(m.k);
- Resistência térmica: 0,12 (m.k)/W

Este Padrão Internacional especifica os requisitos para o Teste de Resposta Geotérmica (GRT). O teste compreende a determinação in situ da condutividade térmica em solos saturados e insaturados e em rochas instaladas num furo de sondagem.

A condutividade térmica é um parâmetro importante usado no projeto de armazenamento térmico.

Um teste de resposta geotérmica mede a resposta da temperatura a uma força térmica de um permutador de calor ou a extração de energia térmica de um furo de um poço. A temperatura de resposta está relacionada com os parâmetros térmicos do material de enchimento do solo e do poço, como condutividade térmica e resistividade de furo de sondagem e, portanto, é usada para obter estimativas de valores nesses parâmetros.

Esta Norma aplica-se a trocadores de calor (figura 9), instalados em poços verticais ou inclinados com comprimento até, por exemplo, 400m com um diâmetro até 200 mm.

Os seguintes documentos, servem de referência para os testes a realizar:

- . ISO 14688-1, Investigação e testes geotécnicos - Identificação e classificação do solo.
- . ISO 14689-1, Investigação e testes geotécnicos - Identificação e classificação de rocha.
- . ISO 22475-1, Investigação e testes geotécnicos - Métodos de amostragem e medições de águas subterrâneas.
- . EN 791, Plataformas de perfuração – Segurança.

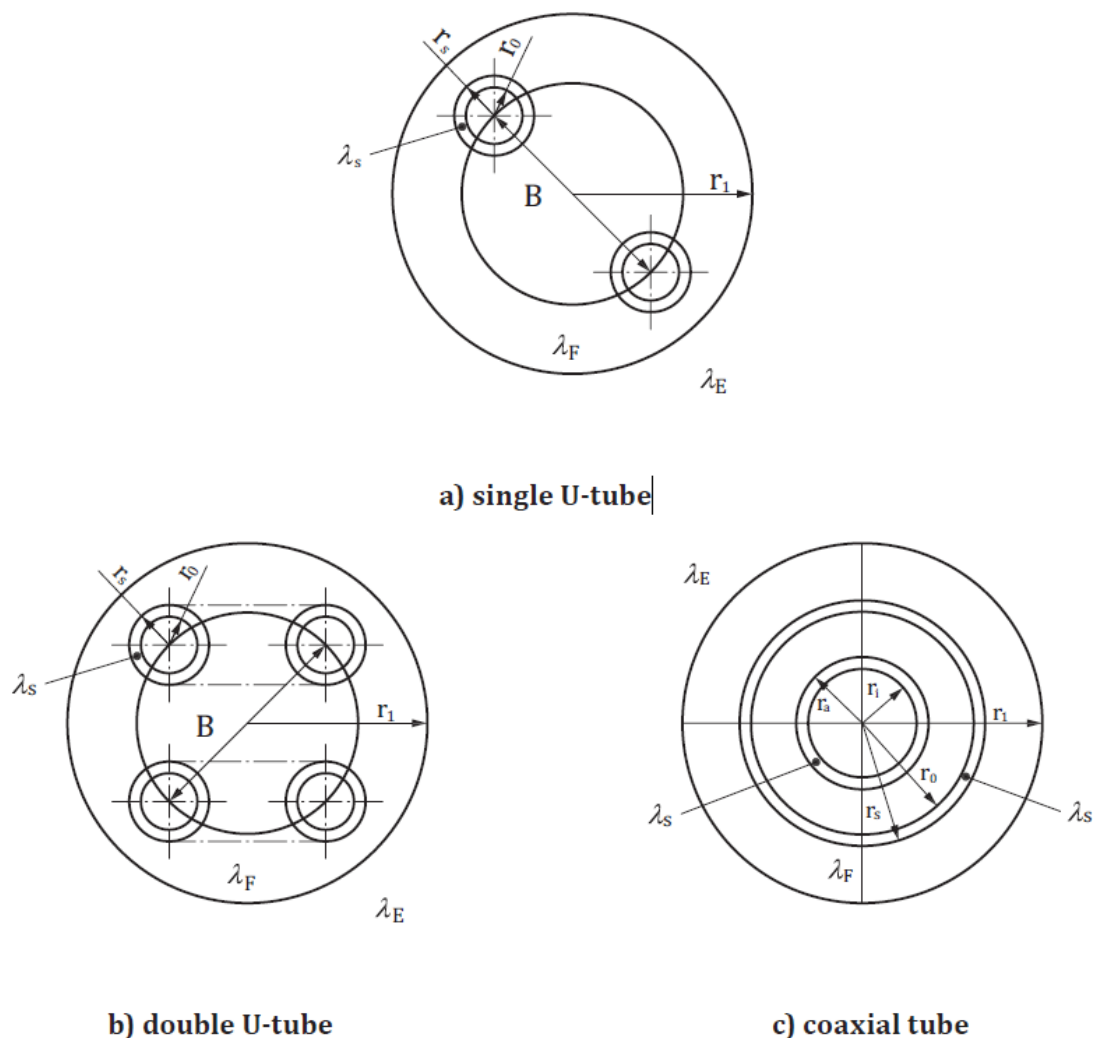


Figura 9- Tipos de tubagem de Geotermia ISO\_FDIS\_17628\_(E).pdf

Ao começar na parte inferior do permutador de calor, os tubos devem possuir marcas de comprimento a cada medidor em ordem numérica começando no zero e aumentando até o final dos tubos para verificar se a instalação ao longo do seu comprimento.

Os pontos de perfuração devem ser marcados no local antes do início da perfuração. A sua localização e elevação devem ser pesquisados corretamente e de acordo com as condições do local, e inserido em um plano do local na conclusão da instalação.

Os locais de perfuração e instalação devem ser investigados no que diz respeito aos perigos relevantes, subterrâneos utilitários, atividades de mineração subterrânea anteriores ou atuais, cavidades naturais e inesperadas, e se necessário, ações apropriadas devem ser tomadas. Os locais de instalação com contaminação do terreno devem ser tratados por procedimentos especiais.

O impacto ambiental da perfuração e instalação devem ser considerados. Princípios especiais devem ser aplicado em:

- áreas de abastecimento de água,

- áreas com condições de águas subterrâneas,
- áreas com múltiplos aquíferos,
- solos com rochas ou solos expansíveis ou colapsáveis.

Os métodos de perfuração devem ser selecionados de acordo com a geologia e hidrogeologia esperadas. No caso do loop não ser estável, ele deve ser estabilizado por um líquido de suporte ou por revestimento.

Durante períodos prolongados de geada, os tubos também podem ser preenchidos com um fluido anticongelante compatível com design de matriz de solo.

O conhecimento das propriedades térmicas do solo é um requisito para o projeto de permutadores de calor.

O parâmetro mais importante é a condutividade térmica do solo.

O contato térmico da parede do loop, os tubos e o fluido de transferência de calor dentro dos tubos são controlados pelo seguinte:

- a) material do tubo;
- b) espessura da parede do tubo;
- c) tamanho e configuração do tubo;
- d) espaçamento dos tubos;
- e) propriedades do fluido dentro dos tubos;
- f) taxa de fluxo do fluido;
- g) diâmetro do poço;
- h) preenchimento do espaço anular.

## **1.7. MANUTENÇÃO DO SISTEMA GEOTÉRMICO**

É necessário manter uma boa manutenção, isto para preservar o sistema e o seu tempo de vida útil. Além de não ser preciso uma manutenção a “fundo” ou tão rigorosa como se fosse um sistema a Aerotermia. Este tipo de sistema parte logo com a vantagem de não estar exposto a forças da natureza como se fosse a Aerotermia, o que ajuda bastante na reduzida manutenção necessária. Interessa sim, verificar o filtro e trocar quando necessário, de modo a não baixar o seu desempenho.

## **1.8. BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS VS BOMBAS DE CALOR AEROTÉRMICAS**

A maior diferença entre as bombas de calor aerotérmicas e as geotérmicas é a sua fonte de calor. As bombas de calor aerotérmicas utilizam o calor do ar, do exterior. Ao mesmo tempo que as bombas de calor geotérmicas utilizam o calor do solo. No entanto, as bombas de calor aerotérmicas necessitam das temperaturas exteriores, e na geotermia isso não acontece, visto que a temperatura do solo é constante durante todo o ano, logo terá uma consistência superior. Outra diferença entre ambas é o tipo de coletor utilizado. Enquanto que na geotermia é utilizado furos com tubagem perfurada, com uma solução anticongelante, de modo a absorver o calor do solo durante a estação fria e a expulsar o calor para o solo na estação quente, na aerotérmica expulsa o calor para o meio exterior.

Na estação de aquecimento, o fluido que passa pelo circuito fechado é aquecido pelo calor da terra, então este calor é transferido para o edifício.

Na estação de arrefecimento, o fluido remove o calor do edifício e transfere-o para o solo, de modo a resfriar o edifício.

## **1.9. PRINCIPAIS MARCAS COM BCG VS BCA**

Existem diferentes e variadas marcas de bombas de calor geotérmicas, distinguindo-se as seguintes: Ochsner, Nordic, Ecoforest, Nibe, Mitsubishi, Carrier, Ciat entre outras.

Entre as muitas marcas já existentes de aerotermia, são referidas algumas das mais conhecidas como: Daikin, Vulcano, Junkers, Baxi, Bosch, Ariston, LG, Panasonic, entre muitas outras.

## 1.10. PAÍSES QUE UTILIZAM ESTE TIPO DE ENERGIA

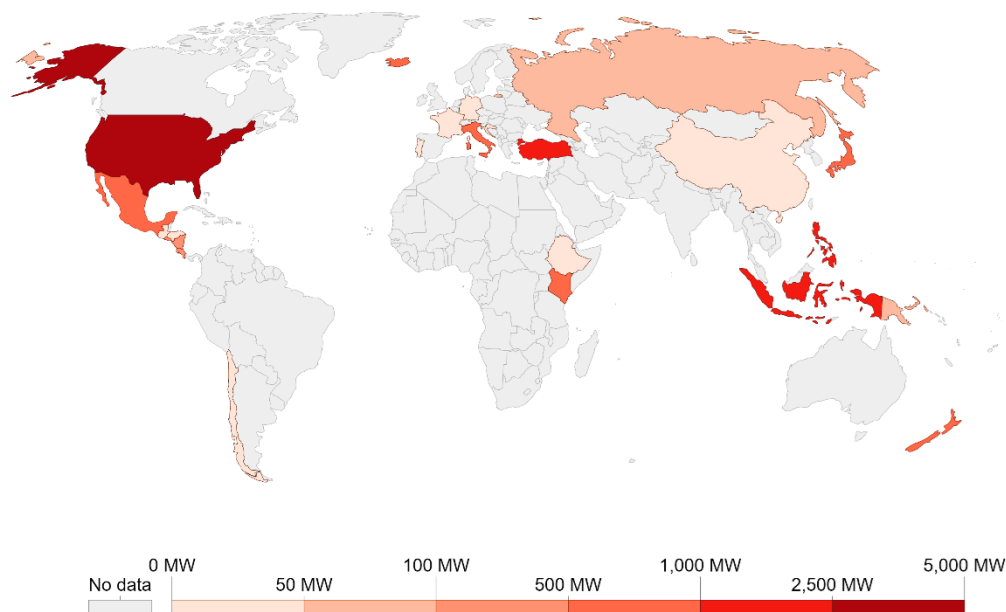
Existem diferentes Países e diferentes formas de utilização da Energia Geotérmica (figura 10). Em 2012 a ONU iniciou uma campanha de Energia Sustentável para Todos, e lançou altas expectativas de inovação em relação à utilização de Energia. Devido a isto e ao facto de a energia geotérmica ser superior a qualquer outra fonte de energia, começou a existir uma aposta neste setor.

No Mundo existem diferentes apostas na Energia Geotérmica, seja devido a factos como a pouca ou muita aposta económica que os Países possuem, nomeadamente pelas condições e temperaturas do solo que variam de região para região. Posto isto, é possível ter uma ideia recorrendo ao mapa abaixo.

### Installed geothermal energy capacity

Cumulative installed capacity of geothermal energy, measured in megawatts.

Our World  
in Data



Source: Statistical Review of World Energy - BP (2021)

OurWorldInData.org/renewable-energy • CC BY

Figura 10 – Capacidade de Instalação de Geotermia no Mundo

### **1.11. A ENERGIA GEOTÉRMICA EM PORTUGAL**

Em Portugal Continental existem algumas situações de baixa entalpia que estão relacionadas com a balneoterapia, praticada desde há longos anos. Mais recentemente o recurso tem sido utilizado para o aquecimento ambiente e de estufas.

Em consequência da crise energética dos anos setenta e ao desenvolvimento do projeto geotérmico dos Açores visando a produção essencialmente de eletricidade, levou à regulamentação do sector através do Decreto-Lei nº 560/-C/76, de 16 de Julho que define o regime da prospeção, pesquisa e exploração de recursos geotérmicos e determina sua a integração no domínio público do Estado.

Posteriormente, devido ao interesse no aproveitamento do recurso de baixa entalpia, no continente, foi criado um novo enquadramento jurídico estabelecido pelos Decretos-Lei, 87/90 e 90/90, de 16 de março.

É no arquipélago dos Açores, devido à sua localização na fronteira de placas, que a exploração de energia geotérmica se encontra mais desenvolvida. Existem centrais instaladas nas diversas ilhas e contabilizam uma potência anual de 235,5 MW.

Uma vez que a rede elétrica deste arquipélago é autónoma, em que não se encontra ligado à rede europeia de eletricidade, estas centrais assumem um papel fundamental no desenvolvimento de toda a região. A entidade governamental responsável pela gestão dos recursos geotérmicos dos Açores é a EDA – Eletricidade dos Açores.

De realçar, que existe pouca informação sobre a Energia Geotérmica em Portugal.



### 2.1. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO E DA METODOLOGIA UTILIZADA QUINTA DA OMBRIA

Como já foi mencionado anteriormente, o projeto da Quinta da Ombria (figura 11), tem como objetivo, recorrer a um sistema geotérmico de baixa entalpia, com recurso a bombas de calor geotérmicas, de modo a satisfazer as necessidades de aquecimento e arrefecimento ambiente. Tem também como objetivos, a produção de AQS e o aquecimento da água das piscinas.

O sistema de captação é do tipo circuito fechado, isto, devido a permutadores de calor enterrados na vertical.

O **Projeto Ombria Resort**, de modo a ir ao encontro de boas práticas de eficiência energética e também, tornando o projeto em NZEB (*nearly zero energy building*), escolheu um sistema de energia com pouco impacto ambiental, além de ainda não apresentar grandes projetos semelhantes em Portugal.

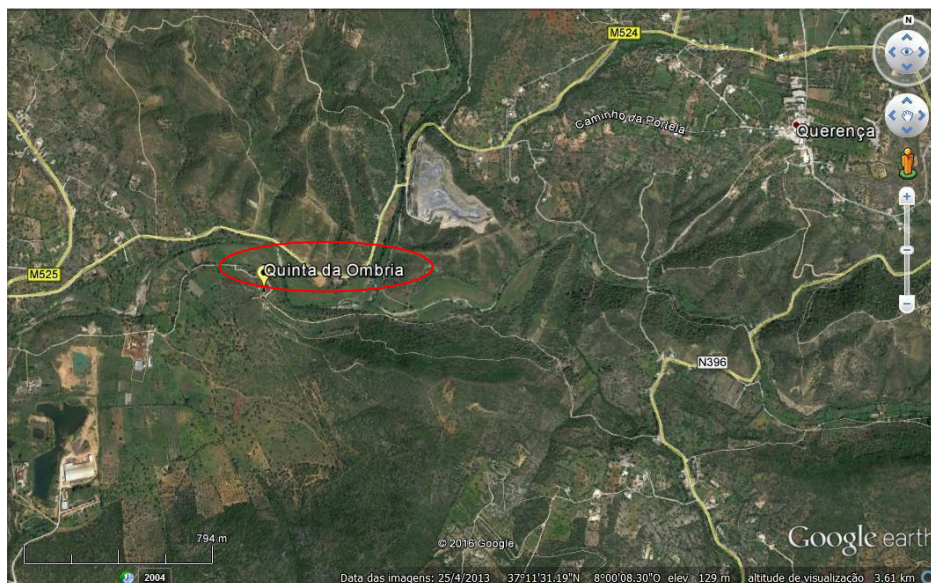


Figura 11- Localização Quinta da Ombria

#### 2.1.1. Caracterização do Complexo Quinta da Ombria

Na Quinta da Ombria será previsto uma Central Térmica para o complexo do Hotel (figura 12), uma para o SPA (figura 13), e áreas técnicas nas Villas (figura 14), que se vão localizar nos Pisos -2. Tanto no SPA como no Hotel, a energia térmica é feita a partir de bombas de calor geotérmicas do tipo água-água, que vão interligar ao sistema de captação ou rejeição de calor geotérmico. Enquanto que, nas Villas é implementado sistemas VRF, de expansão direta, que trocam calor com a água do circuito primário dos furos geotérmicos.



De seguida, será também implementado um sistema Solar Térmico constituído por painéis solares que terá como objetivo, apoiar a produção de AQS e de seguida, o aquecimento da água das piscinas. Numa última fase, irá ser transferido calor para o Sistema Geotérmico.

### Hotel, Villas A e B

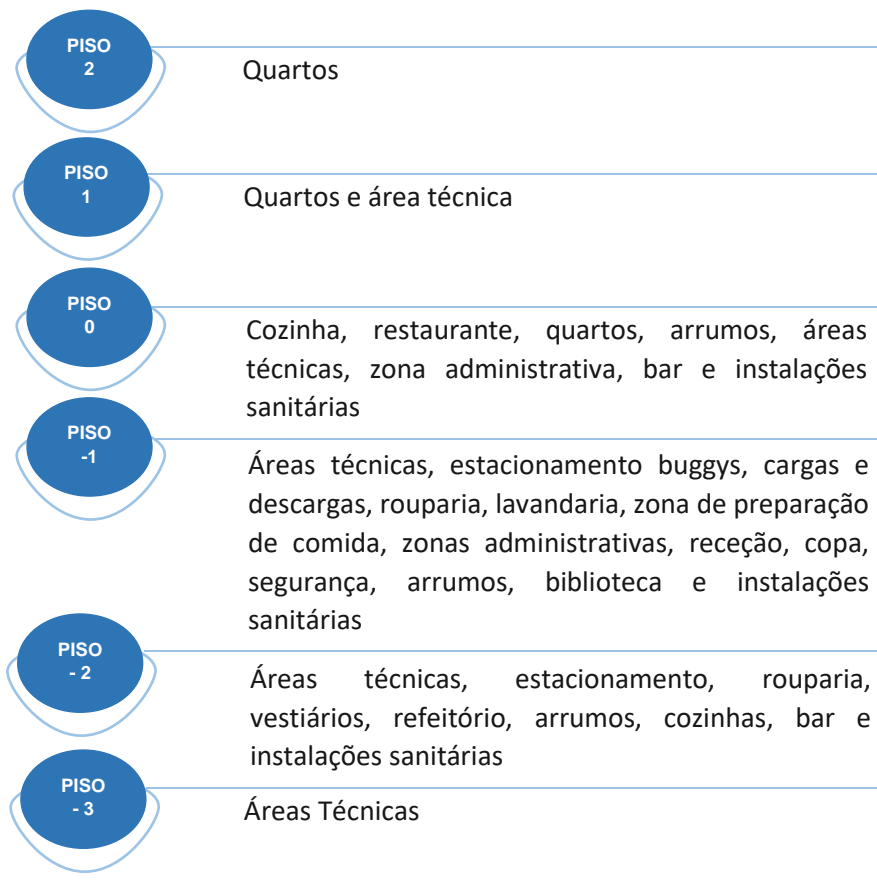


Figura 12- Hotel, esquema dos espaços

## SPA e Villas J, Q e Y2

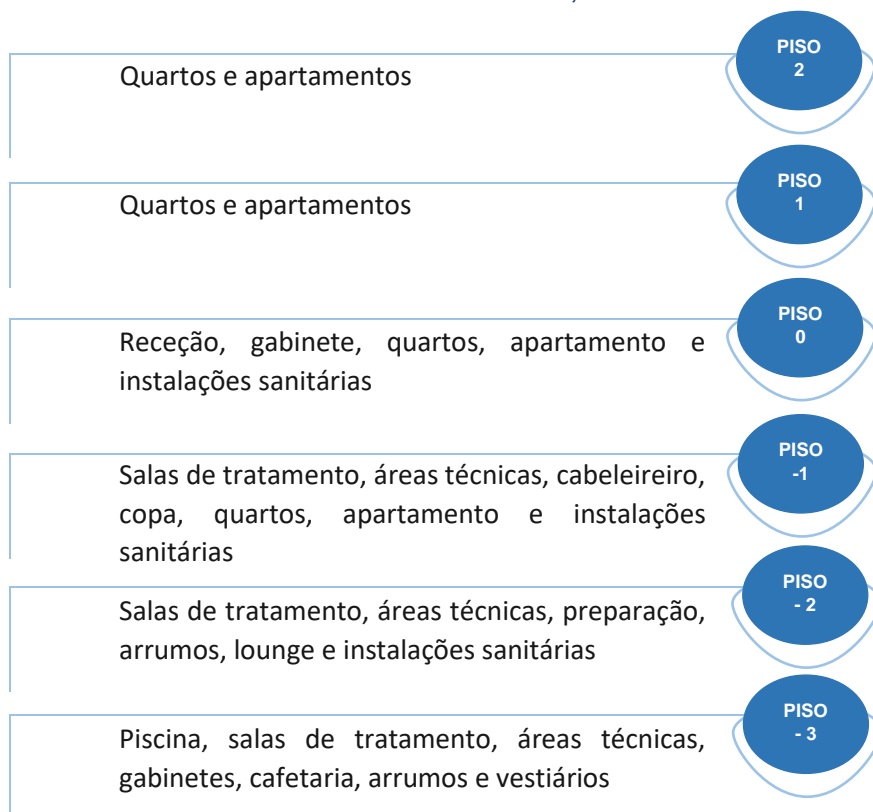


Figura 13- SPA, esquema dos espaços

Restantes Villas:

Villa C, D, E, F, G, H, K, L, M, N, P, R, S, T, X, Y1, Y3, Y4 e Y5	
Pisos inferiores:	Restantes Pisos:
Áreas Técnicas e quartos	Quartos

Figura 14- Villas, esquema dos espaços

### 2.1.2. Caracterização do espaço envolvente

A área em estudo (figura 11), insere-se numa zona complexa do ponto de vista geológico, com diversas variações estruturais. Situando-se perto do limite norte da bacia sedimentar meso-cenozóica algarvia, que se estende para leste e para sul, numa zona perturbada, de contacto entre as formações paleozóicas pertencentes ao maciço antigo, a norte, e as formações sedimentares e vulcano-sedimentares pertencentes à orla meso-ceno-antropozóica meridional portuguesa, a sul.

### 2.1.3. Caracterização dos Edifícios

#### Áreas a tratar e seus sistemas

<b>ESPAÇOS CLIMATIZADOS E VENTILADOS</b>	<b>Edifício Principal, Villa A e B:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>└ Restaurantes All Day Dinning, Scean Bar e Bistro Gourmet</li><li>└ Biblioteca e Kids Club</li><li>└ Rouparia, Refeitório, Cozinhas, Bar e Zonas Administrativas</li><li>└ Zonas de preparação de comida, receção, copa, segurança</li><li>└ Balneários de apoio Piscina</li><li>└ Quartos</li></ul>
	<b>SPA e Villas J, Q e Y2:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>└ Piscina, salas de tratamento, gabinetes, cafetaria, lounge e bar;</li><li>└ Cabelheiro, Receção e gabinete;</li><li>└ Quartos e apartamentos.</li></ul>
	<b>Villas:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>└ Quartos e apartamentos.</li></ul>

Tabela 1- Espaços Climatizados

### 2.1.4. Caracterização do Clima

As zonas climáticas de inverno (tabela 2), e de aquecimento são consideradas, respetivamente, I1-V3, de acordo com o SCE. As condições exteriores de projetos foram consideradas para uma probabilidade de ocorrência de 1% no Inverno e de 99% no Verão (tabela 3), e são apresentadas na tabela seguinte.

#### Dados Geográficos Loulé

<b>Latitude</b>	37°19'N
<b>Longitude</b>	8°01'W
<b>Altitude</b>	160m

Tabela 3- Dados Geográficos

#### Condições exteriores de projeto, Loulé

	<b>VERÃO</b>	<b>INVERNO</b>
<b>Temperatura seca</b>	35 °C DB	2.5 °C DB
<b>Temperatura húmida</b>	22.2 °C WB	2.1 °C WB
<b>Humidade relativa</b>	38 %	90 %

Tabela 2- Condições exteriores

### 2.1.5. Caracterização do Solo

A transferência de calor do solo, ou para o solo, será efetuada através de um sistema fechados de permutadores de calor enterrados na vertical. Estes sistemas trocam calor de e para o solo através da diferença de temperatura entre o solo e o fluido de trabalho que circula dentro do

permutador de calor enterrado. O fluido de trabalho será a água com adição de 25% propilenoglicol, um anticongelante biodegradável.

Um aspeto importante foi a opção de se utilizar o tipo de permutador de calor enterrado de duplo U (2 U's) que fará com que exista uma maior área de transferência de calor. O tubo utilizado é o polietileno reticulado PE-Xa.

Os valores considerados no programa de cálculo EED foram obtidos pela média dos valores fornecidos pelos TRT.

- └ Temperatura média do terreno: 17,2 °C
- └ Condutividade Térmica média: 2,14 W/(m.K)
- └ Resistência Térmica média: 0,12 (m.K)/W

Foram considerados limites máximos e mínimos de temperatura, no modo de arrefecimento em que não passará os 35°C e no aquecimento não baixará -3°C.

#### 2.1.6. Caracterização dos Sistemas de Climatização

Para estar de acordo com o novo regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, da Portaria nº353-A/2013, foi-se cumprir os caudais de ar novo (tabela 4), de acordo com o tipo de espaços (tabela 5). Estes mesmos caudais foram calculados a partir do LNEC, pelo método prescritivo, com um coeficiente de eficiência de ventilação de 0,8.

<b>Edifício Principal e SPA</b>	
<b>Restaurantes</b>	30 m <sup>3</sup> /h, pessoa
<b>Receção e Hall</b>	30 m <sup>3</sup> /h, pessoa
<b>Gabinetes</b>	30 m <sup>3</sup> /h, pessoa
<b>Scen Bar</b>	30 m <sup>3</sup> /h, pessoa
<b>Circulações</b>	5 m <sup>3</sup> /h, pessoa
<b>Vestiários</b>	min 10xApav

<b>Ventilação/Extração</b>	
<b>Arrumos e Áreas técnicas</b>	3 a 6 r/h
<b>Instalações Sanitárias</b>	min 90 m <sup>3</sup> /h pessoa

<b>Villas</b>	
<b>Quartos</b>	165 m <sup>3</sup> /h, pessoa
<b>Apartamentos Quartos</b>	90 m <sup>3</sup> /h, pessoa
<b>Apartamentos Sala</b>	120 m <sup>3</sup> /h, pessoa

Tabela 5- Caudais das Villas

### 2.1.7. Potências dos Sistemas de Climatização

No projeto em questão foram dimensionadas (tabela 6) diferentes potências de modo a ir ao encontro das diferentes necessidades de cada espaço, o critério foi o seguinte.

	Edifício Principal	SPA e VILLAS
<b>Potência Arrefecimento</b>	462 KW	84 KW
<b>Potência Aquecimento</b>	292 KW	62 KW
<b>Potência Aquecimento Água Piscinas</b>	252 KW	122 KW
<b>Potência para AQS</b>	140 KW	70 KW

*Tabela 6- Potências de Projeto*

### 2.1.8. Sistema Solar Térmico

Em acréscimo ao sistema de Climatização, vai ser também considerado um sistema solar térmico, constituído por 48 coletores planos localizados nas zonas de estacionamento exterior do Hotel. Serão do tipo coletor de tubo de vácuo de fluxo direto e ficarão instalados na horizontal.

A primeira função será pré aquecer as AQS do edifício principal. A segunda será fornecer energia para o aquecimento da água das piscinas e a última função será de injetar calor no sistema de furos geotérmicos.

### 2.1.9. Injeção de calor no solo por meio de painéis solares

De modo a manter o desempenho do sistema geotérmico estável, é necessário aumentar o número de furos ou instalar sistemas de fonte de calor adicionais, mas, o custo adicional e o desempenho do sistema são questões importantes a ter em conta devido ao facto da instalação de furos ser bastante caro. Vários investigadores sugeriram GCHPSs combinados com coletores solares devido ao excelente desempenho resultante. Ao longo do tempo foram feitos vários estudos de modo a se perceber as vantagens que traria a injeção de calor no solo por meio de painéis solares. Este método depende de vários fatores, como o clima, a entalpia do solo, as condições ao redor do sistema, ou a capacidade dos equipamentos. Portanto, o estudo dos benefícios para a implementação deste sistema irá depender de situação para situação. O que não impede que o mesmo sistema seja mais benéfico num local e menos noutra.

Um dos estudos que foi feito, Ozgener [17], chegou à conclusão que se a temperatura ambiente for muito baixa, a operação não pode chegar à capacidade pretendida (figura 15). Daqui,

podemos concluir que necessitamos de temperaturas mais altas para tirar rentabilidade. Isto também vai de encontro ao estudo feito na Quinta da Ombria, onde é esperado que ao longo do tempo a temperatura do solo possa sofrer uma pequena redução da temperatura. Deste modo, a injeção de calor no solo vai contrariar esta tendência e manter a temperatura do solo estável. No fundo, é aproveitada a energia produzida nos coletores solares que irá sobrar nos consumos esperados, para ser injetada no solo, funcionando este como um sistema de armazenamento de energia solar.

No entanto, ainda existem poucos estudos sobre este tema em aplicações em Portugal, e tendo em conta a complexidade e as adversidades das diferentes situações práticas, é complicado retirar uma conclusão nítida do que se pode esperar.

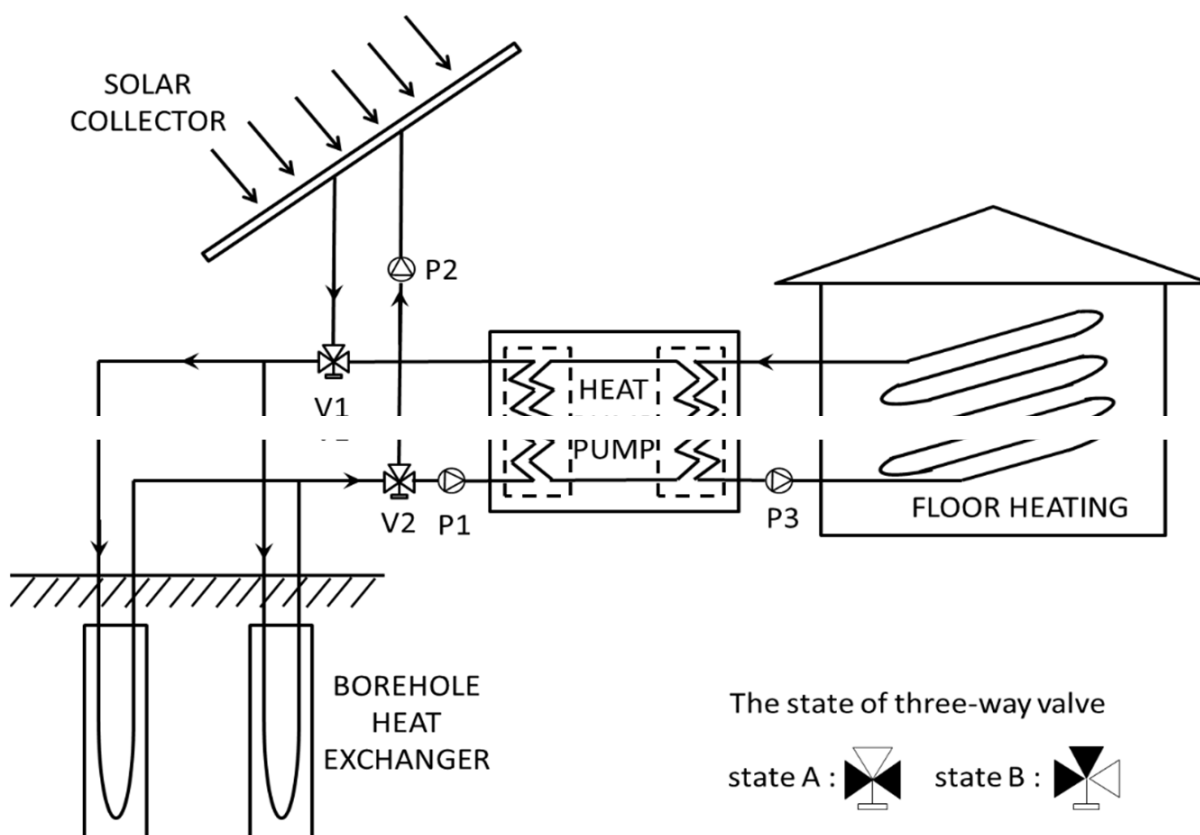


Figura 15- Sistema de Painéis e injeção de calor no solo

Na Quinta da Ombria os valores estimados de energia consumida são os seguintes (figura 16). Como podemos constatar, os valores estimados de energia para o aquecimento da água da piscina são muito superiores ao aquecimento ambiente e até à preparação das AQS, isto devido ao facto de termos piscinas exteriores com aquecimento associado. Devido ao facto das muitas perdas associadas que as piscinas vão sofrer, leva a que seja necessária muita energia para o aquecimento da sua água.

Energia Anual Consumida MWh/ano					
	Arrefecimento Ambiente	Aquecimento			Somatório Aquecimento
		Aquecimento Ambiente	Águas quentes Sanitárias	Água Quente Piscina	
Clube de Golf	285,4	98,7	76,1	122,1	296,9
Hotel, Villas e SPA	222	134,3	247,7	692,4	1074,4

Figura 16- Consumos de Aquecimento

Verifica-se que ao final de um ano existe um desequilíbrio entre a energia térmica total extraída do solo e a injetada devido ao desequilíbrio entre os consumos para aquecimento e para arrefecimento, no circuito do Hotel, Villas e SPA. A injeção da energia excedente do sistema solar térmico permite diminuir esse desequilíbrio, contribuindo para se evitar uma redução da temperatura do solo ao longo dos anos que iria provocar uma diminuição da eficiência do sistema de energia geotérmica, funcionando assim o solo com armazenamento de energia solar térmico no subsolo.

#### 2.1.10. Instalações de Climatizações

No Projeto Quinta da Ombria, temos diferentes sistemas com diferentes equipamentos e tipos de instalação (tabela 7), onde existe grande diversidade de especialidades, as quais podemos referenciar na tabela seguinte. Torna-se um projeto bastante interessante porque conseguimos ter desde VRF's a VC's, pavimento radiante, ventiladores, URC's, hottes de extração. O que perfaz uma grande variedade de equipamentos para o caso de estudo.

Bombas de Calor Geotérmicas	Coletores Solares Térmicos
Unidades exteriores e interiores VRF	Tubagem de Cobre
Bombas de Circulação	Unidade expansão direta do tipo "split"
Vasos de Expansão	Tubagem de fluido frigorigéneo
Depósitos AQS	Hottes de extração
Sistemas de Tratamento de Água	Ventiladores de insuflação e extração
Permutadores de Calor	Ventiladores de desenfumagem

Unidades de Tratamento de Ar	Condutas de ar
Unidades de Recuperação de Calor	Registos de caudal e corta-fogo
Ventiloconvectores	Atenuadores Acústicos
Tubagem de Água	Equipamento de controlo e sensores

Tabela 7- Tipos de Equipamentos AVAC

### 2.1.11. Caracterização dos Circuitos de Geotermia

#### Loop (circuito) 2 Hotel

No *Loop #2* cada uma das bombas de circulação assegura 1/3 do caudal máximo – 36,0 l/s. A variável de controlo das bombas de circulação será a temperatura de chegada do anel geotérmico à instalação, temperatura essa que se pretende seja o mais próximo possível da temperatura do solo, tendo como ponto de partida no arranque da instalação o ponto médio entre a temperatura máxima e mínima de funcionamento do anel – 5°C a 30°C, ou seja 17,5°C, podendo este valor ser ajustado pelo utilizador com perfil de gestor do sistema (e não um “simples” utilizador). Tendo em conta a grande inércia térmica do sistema, para o algoritmo de controlo serão adotados os limites 10°C – 25°C, podendo ambos os valores serem também alterados pelo utilizador com o mesmo perfil. Como é usual quando existe um sistema de controlo, a rotatividade das bombas associada à entrada e saída de uma bomba consoante as necessidades de caudal, será realizada com base no número de horas de funcionamento. A bomba a entrar em serviço será a que tem menor número de horas e a bomba a sair de serviço será a que tem maior número de horas.

Por forma a garantir continuamente um caudal mínimo de circulação, assume-se que pelo menos uma das bombas funcionará a 50% do seu caudal, a que corresponde a 6,0 l/s neste Loop. Tais caudais implicam que estejam sempre em operação, pelo menos 10 furos que corresponde a dois conjuntos de coletores.

Para tentar distribuir da melhor forma possível a permuta de calor com o solo, os grupos de furos geotérmicos que entram/saem de serviço terão como critério a maximização da distância entre furos em serviço, o que fará com que grupos de furos de uma mesma caixa só entrarão em serviço em simultâneo quando todas as caixas já tenham um grupo de furos em serviço.

#### Loop (circuito) 3 e 4- Villas e SPA



Nestes dois loops cada uma das bombas de circulação assegura 1/3 do caudal máximo – 43,2 l/s. Por forma a garantir continuamente um caudal mínimo de circulação, assume-se que pelo menos uma das bombas funcionará a 50% do seu caudal, a que corresponde a 7,2 l/s. Tal caudal implica que estejam sempre em operação, pelo menos dois conjuntos de furos geotérmicos.

Como é usual quando existe sistema de controlo, a rotatividade das bombas associada à entrada e saída de uma bomba consoante as necessidades de caudal, será realizada com base no número de horas de funcionamento. A bomba a entrar em serviço será a que tem menor número de horas e a bomba a sair de serviço será a que tem maior número de horas.

Para garantir um gradiente térmico em todas as villas, o controlo do número de furos geotérmico não poderá ter como variável de controlo a temperatura da água na chegada do anel geotérmico à instalação, mas sim a temperatura da água após a última villa, considerando o sentido de circulação da água.

Assim sendo a entrada e saída de grupos furos geotérmicos, por atuação de válvulas on/off que seccionam 4 furos, que por sua vez implicará a variação de velocidade da(s) bomba(s) de distribuição, bem como a sua entrada e saída de funcionamento, será realizada com base no ponto médio entre a temperatura máxima e mínima de funcionamento do anel – 5°C a 30°C, ou seja 17,5°C, podendo este valor ser ajustado pelo utilizador com perfil de gestor do sistema (e não um “simples” utilizador). Tendo em conta a grande inércia térmica do sistema, para o algoritmo de controlo serão adotados os limites 10°C – 25°C, podendo ambos os valores ser alterados pelo utilizador com o mesmo perfil.

Para tentar distribuir da melhor forma possível a permuta de calor com o solo, os grupos de furos geotérmicos que entram/saem de serviço terão como critério a maximização da distância entre furos em serviço, o que fará com que grupos de furos de uma mesma caixa só entrarão em serviço em simultâneo quando todas as caixas já tenham um grupo de furos em serviço.

## 2.1.12. Caracterização dos Consumos Energéticos (HAP)

### Hotel

---

#### Aquecimento

Neste capítulo foi fornecido o ficheiro resultados das simulações energéticas efetuadas pelos projetistas através do software HAP dos consumos e necessidades térmicas do Hotel. Este estudo foi feito numa fase anterior de modo a entender as necessidades em que o edifício se iria encontrar. Após correr o programa, chegaram-se aos valores apresentados na tabela seguinte.

Durante a estação de aquecimento, as necessidades térmicas (tabela 8) simuladas são:

<b>Mês</b>	<b>Necessidades de energia útil de aquecimento (kWh)</b>
<b>Janeiro</b>	39783
<b>Fevereiro</b>	29820
<b>Março</b>	21681
<b>Abril</b>	13212
<b>Mai</b>	744
<b>Junho</b>	0
<b>Julho</b>	0
<b>Agosto</b>	0
<b>Setembro</b>	0
<b>Outubro</b>	4730
<b>Novembro</b>	15909
<b>Dezembro</b>	32060
<b>Total</b>	<b>157940</b>

*Tabela 8- Consumos de Aquecimento do Hotel*

Assim, haverá necessidade de aquecimento de outubro a maio. Nos meses mais frios terá mais energia gasta e no total anual haverá mais necessidades a rondar os 157940 kWh.

A seguinte figura, obtida pelo software HAP (figura 17), fornece um gráfico das necessidades mensais de aquecimento ao longo do ano.

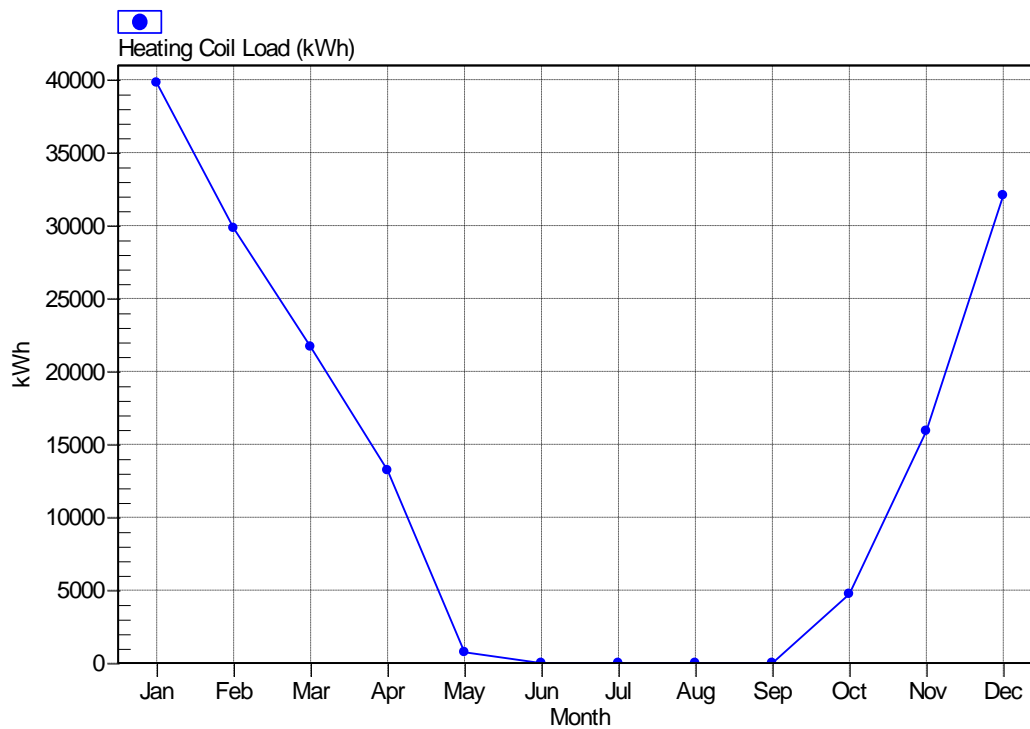


Figura 17- Aquecimento do Hotel ao longo do Ano

É notório que durante a estação de arrefecimento, as necessidades são quase nulas, o que acontece contrariamente na estação de aquecimento, em que possui altas necessidades de consumo.

### Arrefecimento

Tal como no aquecimento, também no arrefecimento foi feito o cálculo das necessidades térmicas do espaço, na tabela abaixo (tabela 9) é possível analisar os resultados calculados das necessidades térmicas.

Mês	Necessidades de energia útil de arrefecimento (kWh)
Janeiro	0
Fevereiro	0
Março	199
Abril	6557
Mai	17786

<b>Junho</b>	50382
<b>Julho</b>	87961
<b>Agosto</b>	86671
<b>Setembro</b>	64789
<b>Outubro</b>	5245
<b>Novembro</b>	152
<b>Dezembro</b>	0
<b>Total</b>	<b>319741</b>

Tabela 9- Consumos de arrefecimento do Hotel

No arrefecimento ocorrem necessidades térmicas nos meses de março até novembro com um total anual de 319741 kWh.

Deste modo, pode-se verificar que existem mais necessidade de arrefecimento ao longo do ano do que de aquecimento. O que se comprova devido à localização dos edifícios. Sendo este no Algarve, faz com que possua um clima mais ameno na estação de aquecimento e maiores necessidades na estação de arrefecimento.

A figura abaixo (figura 18), demonstra um exemplo de que o aquecimento e o arrefecimento são inversamente proporcionais.

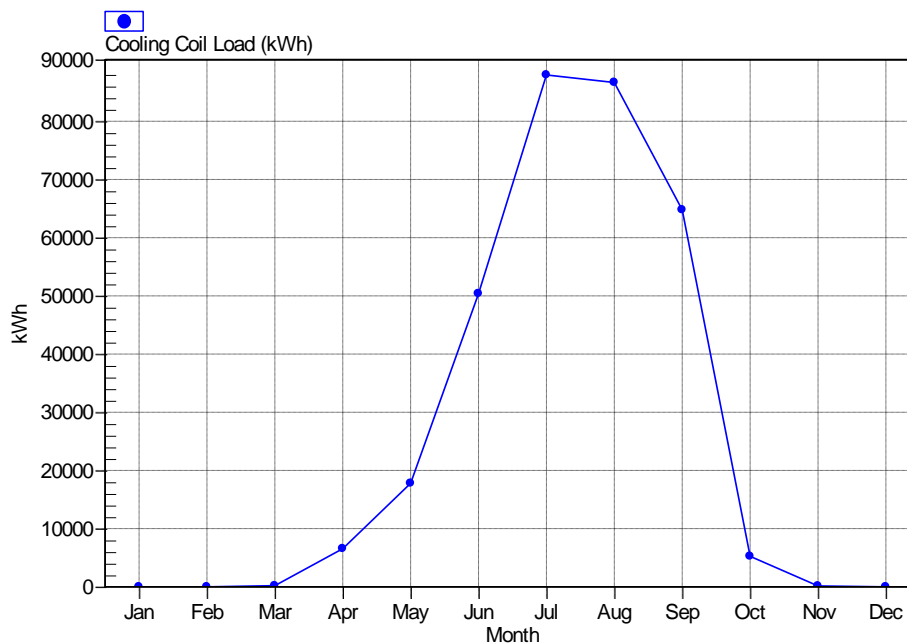


Figura 18- Consumos de arrefecimento ao longo do ano

## Aquecimento

Neste capítulo foi fornecido o ficheiro HAP dos consumos e necessidades térmicas da simulação energética do SPA. Este estudo foi feito numa fase anterior de modo a se perceber as necessidades que o Edifício iria encontrar. Depois de simulado o programa chegou-se às seguintes conclusões.

Durante a estação de aquecimento (tabela 10), as necessidades térmicas simuladas são as seguintes:

<b>Mês</b>	<b>Necessidades de energia útil de aquecimento (kWh)</b>
<b>Janeiro</b>	4467
<b>Fevereiro</b>	3045
<b>Março</b>	2327
<b>Abril</b>	1579
<b>Maio</b>	813
<b>Junho</b>	247
<b>Julho</b>	136
<b>Agosto</b>	218
<b>Setembro</b>	463
<b>Outubro</b>	823
<b>Novembro</b>	1885
<b>Dezembro</b>	3530
<b>Total</b>	<b>19533</b>

*Tabela 10- Consumos de Aquecimento do SPA*

A seguinte figura (figura 19), permite verificar um exemplo prático das necessidades de aquecimento ao longo do ano. Nota-se que as necessidades de aquecimento do SPA não são como as necessidades do Hotel, isto pode dever-se à sua localização, ou ao facto de estar mais exposto à irradiação Solar.

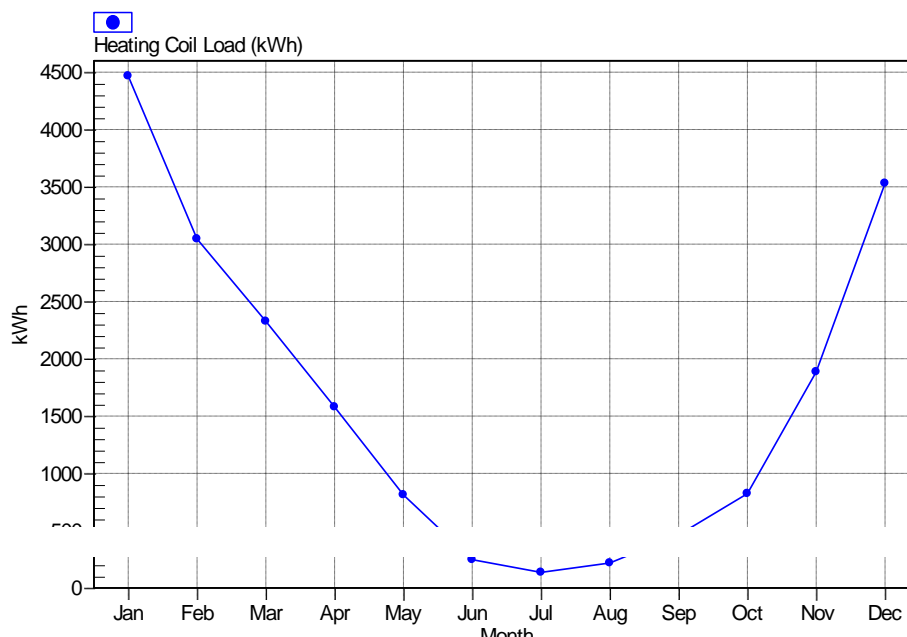


Figura 19- Consumos de Aquecimento do SPA no ano

### Arrefecimento

Tal como no aquecimento, também no arrefecimento foi elaborado o cálculo das necessidades térmicas do espaço (tabela 12), e desse modo na tabela abaixo podemos ver os resultados calculados das necessidades térmicas.

Mês	Energia útil de Arrefecimento (kWh)
Janeiro	0
Fevereiro	0
Março	0
Abril	7105
Maio	10278
Junho	17037
Julho	22684
Agosto	22021
Setembro	16978
Outubro	114
Novembro	0
Dezembro	0
<b>Total</b>	<b>96216</b>

Tabela 12- Consumo de arrefecimento do SPA

É possível constatar que existem necessidades de arrefecimento bem superiores às necessidades de aquecimento. E deve-se por isso ao que foi referido anteriormente.

A figura abaixo (figura 20), demonstra um exemplo de que o aquecimento e o arrefecimento são inversamente proporcionais.

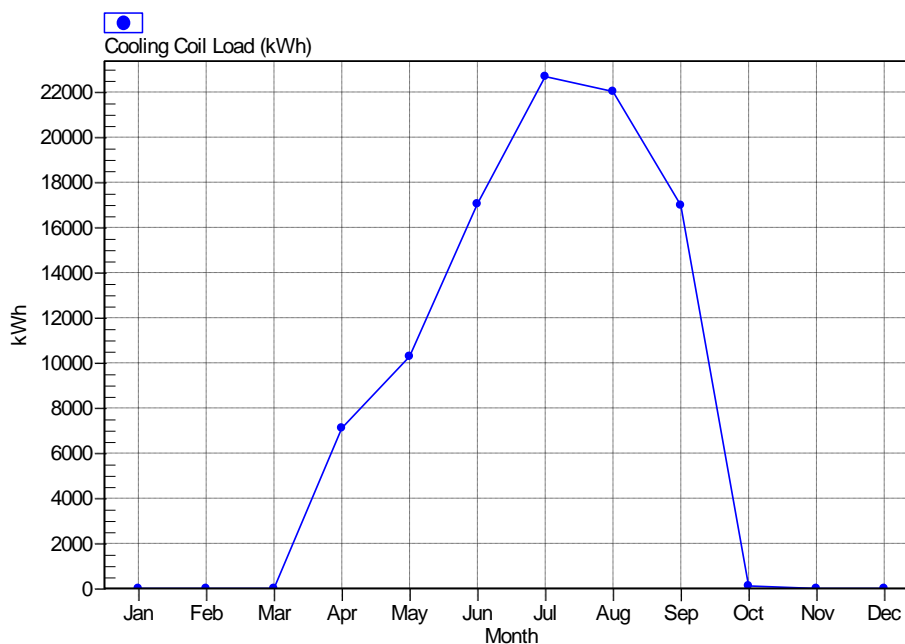


Figura 20- Consumos de Arrefecimento do SPA no ano

Observa-se assim que a necessidade de arrefecimento nos meses frios é totalmente nula.

## Villas

Neste estudo o ficheiro HAP foi dimensionado para as seguintes Villas: G, K, L, M, P, R, S, T, X, Y3, Y4 e Y5.

### Aquecimento

Neste capítulo foi fornecido o ficheiro HAP dos consumos e necessidades térmicas da simulação energética das referidas Villas. Este estudo foi feito numa fase anterior de modo a se perceber as necessidades que o Edifício iria encontrar. Depois de simulado o programa chegou-se às seguintes conclusões.

Durante a estação de aquecimento (tabela 13), as necessidades térmicas simuladas são as seguintes:

Mês	Energia útil de Aquecimento (kWh)
Janeiro	5635
Fevereiro	2694
Março	702
Abril	438
Maio	0
Junho	0
Julho	0
Agosto	0
Setembro	0
Outubro	0
Novembro	320
Dezembro	3512
<b>Total</b>	<b>13301</b>

Tabela 13- Consumos de Aquecimento das Villas

O seguinte gráfico apresenta um exemplo prático das necessidades de aquecimento ao longo do ano. Verifica-se que as necessidades de Aquecimento das referidas Villas são inferiores às necessidades do Hotel em comparação, isto devido ao facto da dimensão das Villas em comparação com a do Hotel.

Na figura abaixo (figura 21), pode-se notar que o aquecimento na época quente é totalmente nulo, inversamente ao que acontece na época fria.

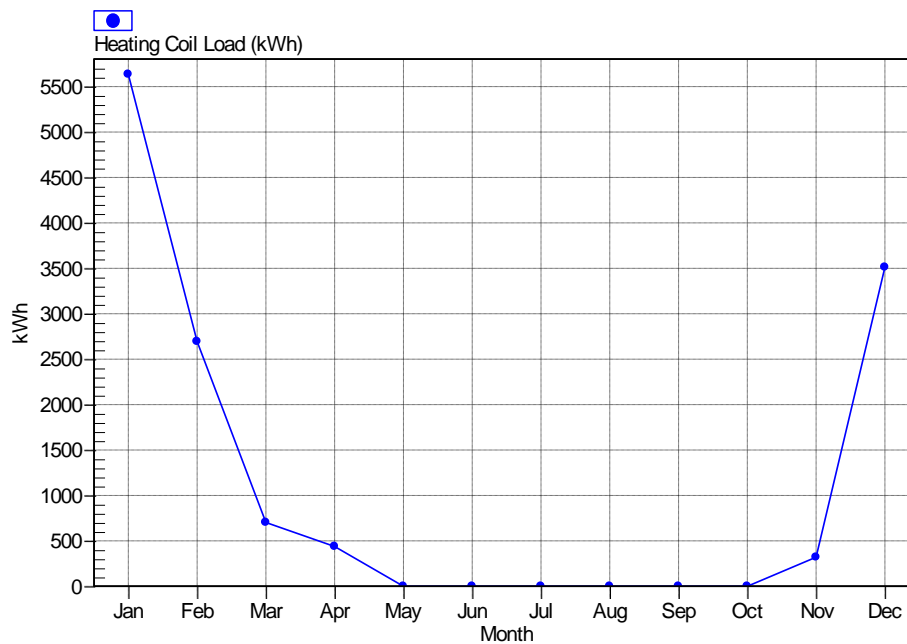


Figura 21- Consumos das Villas ao longo do ano



## Arrefecimento

Tal como no aquecimento, também no arrefecimento foi realizado o cálculo das necessidades térmicas do espaço, na tabela abaixo (tabela 14), podemos ver os resultados calculados das necessidades térmicas.

Mês	Energia útil de Arrefecimento (kWh)
Janeiro	0
Fevereiro	0
Março	0
Abril	26111
Maio	35247
Junho	52408
Julho	69170
Agosto	69326
Setembro	58787
Outubro	0
Novembro	0
Dezembro	0
<b>Total</b>	<b>311049</b>

Tabela 14- Consumos de arrefecimento ao longo do ano

Como se pode constatar, mais uma vez, as necessidades de arrefecimento são superiores às necessidades de aquecimento.

Na figura abaixo (figura 22) verifica-se que o arrefecimento na época fria é nulo e que chega a valores muito altos nos meses de julho e agosto.

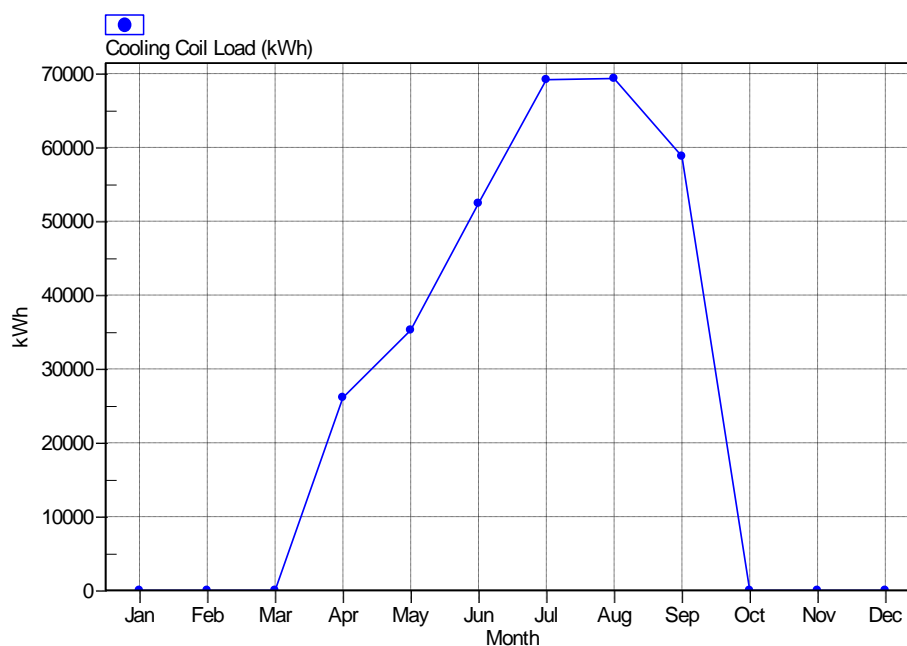


Figura 22- Consumos de arrefecimento ao longo do ano

Neste estudo o ficheiro HAP foi dimensionado para as seguintes Villas: C, D, E, F, H, N, Y1

Neste capítulo foi fornecido o ficheiro HAP dos consumos e necessidades térmicas da simulação energética das referidas Villas. Este estudo foi feito numa fase anterior de modo a se perceber as necessidades que os edifícios iriam encontrar. Depois de correr o programa chegou-se às seguintes conclusões.

Durante a estação de aquecimento, as necessidades térmicas simuladas são as seguintes:

### Aquecimento

Durante a estação de aquecimento (tabela 15), as necessidades térmicas simuladas são as seguintes:

Mês	Heating Coil Load (kWh)
Janeiro	2910
Fevereiro	1322
Março	240
Abril	148
Maio	0
Junho	0
Julho	0
Agosto	0
Setembro	0
Outubro	0
Novembro	55
Dezembro	1701
<b>Total</b>	<b>6376</b>

A seguinte tabela fornece um exemplo prático das necessidades de aquecimento ao longo do ano. Demonstra que as necessidades de aquecimento das referidas Villas são inferiores às necessidades do Hotel em comparação, isto devido ao facto da dimensão das Villas em comparação com a do Hotel.

Na figura abaixo (figura 23), visualiza-se que aquecimento na época quente é totalmente nulo, inversamente ao que acontece na época fria.

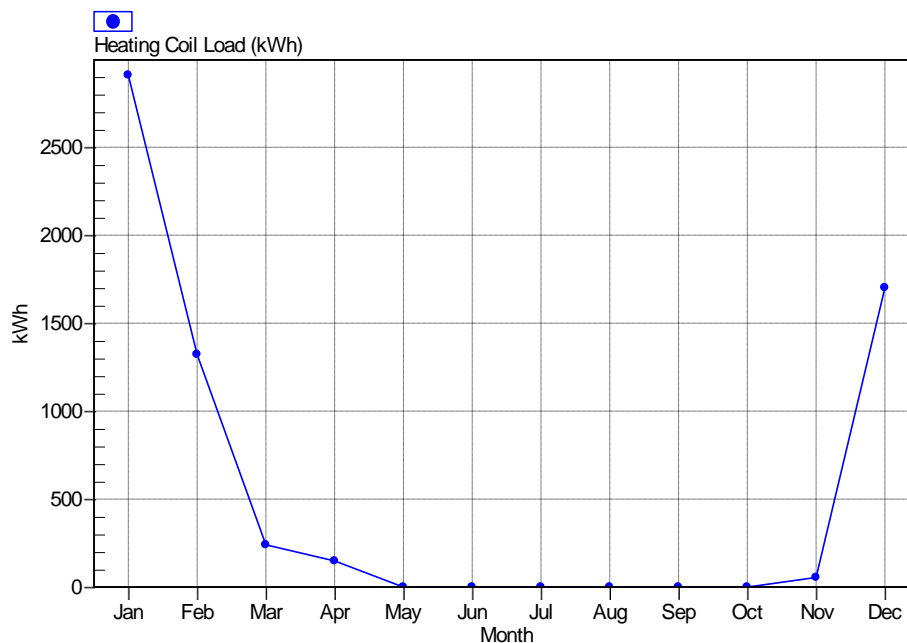


Figura 23- Consumo de aquecimento ao longo do ano

### Arrefecimento

Tal como no aquecimento, também no arrefecimento foi feito o cálculo das necessidades térmicas do espaço, na tabela abaixo (tabela 16) podemos ver os resultados calculados das necessidades térmicas.

Mês	Energia útil de arrefecimento (kWh)
Janeiro	0
Fevereiro	0
Março	0
Abril	16197
Maio	20984
Junho	30317
Julho	38832
Agosto	38033
Setembro	31262
Outubro	0
Novembro	0
Dezembro	0
<b>Total</b>	<b>175624</b>

Tabela 16- Consumo de arrefecimento das Villas

É possível averiguar, mais uma vez, as necessidades de arrefecimento são superiores às necessidades de aquecimento.

Na figura abaixo (figura 23), constatamos que o arrefecimento na época fria é nulo e que chega a valores muito altos nos meses de julho e agosto. Contrariamente, nos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro, as necessidades de arrefecimento são nulas.

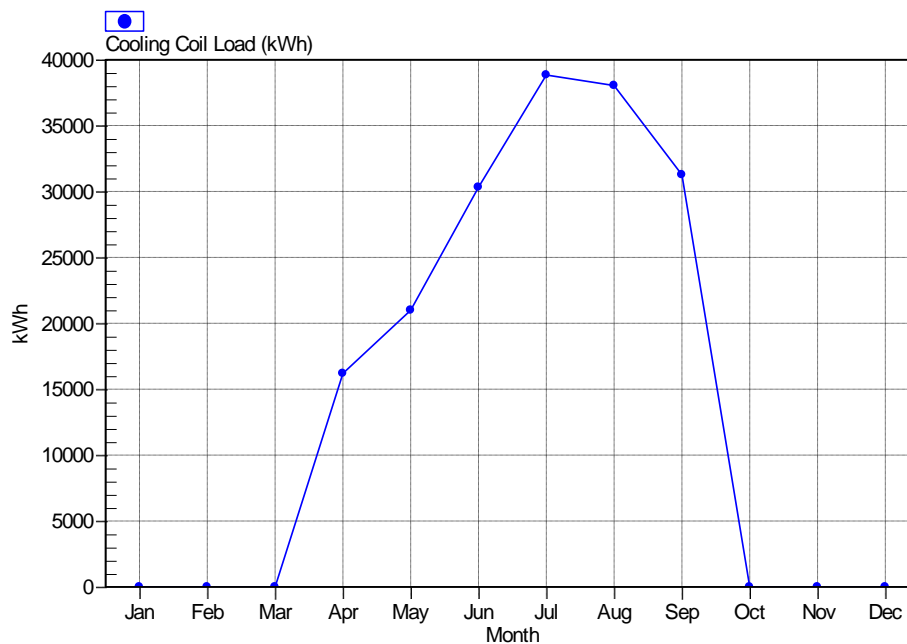


Figura 9- Consumos de Arrefecimento ao longo do ano

### 2.1.13. Caracterização do Circuito Primário da Geotermia

Os reservatórios geotérmicos são classificados em função da temperatura a que se encontra o fluido transportador de calor (figura 24), em reservatórios de Alta Entalpia (no qual a temperatura é superior a 150°C); Média Entalpia (com a temperatura entre os 100°C e os 150°C; Baixa Entalpia (temperaturas entre 30°C e 100°C) e Muito Baixa Entalpia (quando o fluido se encontra a temperaturas inferiores a 30°C) [4].

Existe um potencial que importa estudar e avaliar e que se refere a zonas como Algarve, Zona Oeste, Lisboa e Minho, entre outras.

O aumento de temperatura com a profundidade, conhecido como gradiente geotérmico, tem um valor

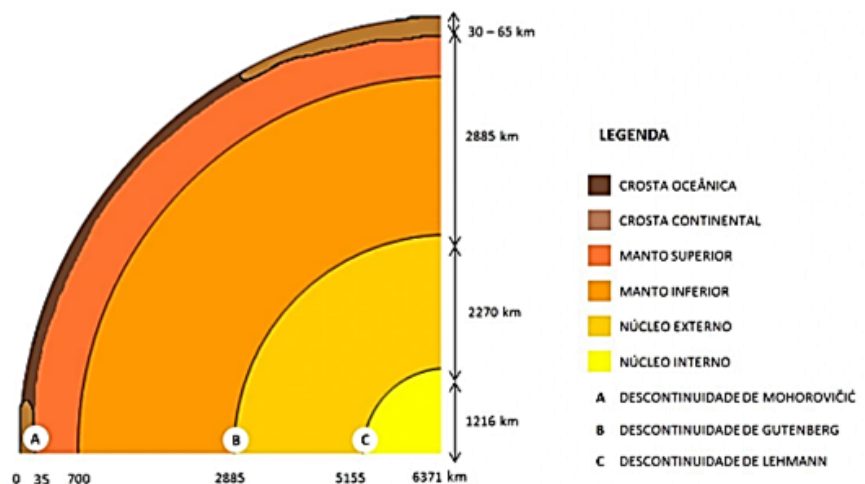


Figura 24- Crosta terrestre

aproximadamente constante, na maior parte da crosta terrestre e é, a partir dos 15 a 30 m de profundidade, de cerca de 1,5 a 3,0°C por cada 100 m.

No caso específico do campo geotérmico da Quinta da Ombria, a transferência de calor com o solo, como já vimos é feita através de um sistema fechado de permutadores de calor

enterrados na vertical. Este sistema troca calor e recebe calor de e para o solo devido às diferenças de temperatura. Foi utilizado permutadores de duplo U (2 U's) o que permite uma maior área de transferência.

#### 2.1.14. Disponibilização de furos

O estudo feito na localização dos furos (figura 25), tem como objetivo o não massacre do terreno, ou seja, tentar que a disposição dos furos não seja muito aproximada, mas sim ao longo do troço de modo a não desgastar o terreno.

No exemplo abaixo podemos ver os arranjos geométricos possíveis dimensionados pelos projetistas através do software de simulação EED (Earth Energy Designer), para os diferentes circuitos.

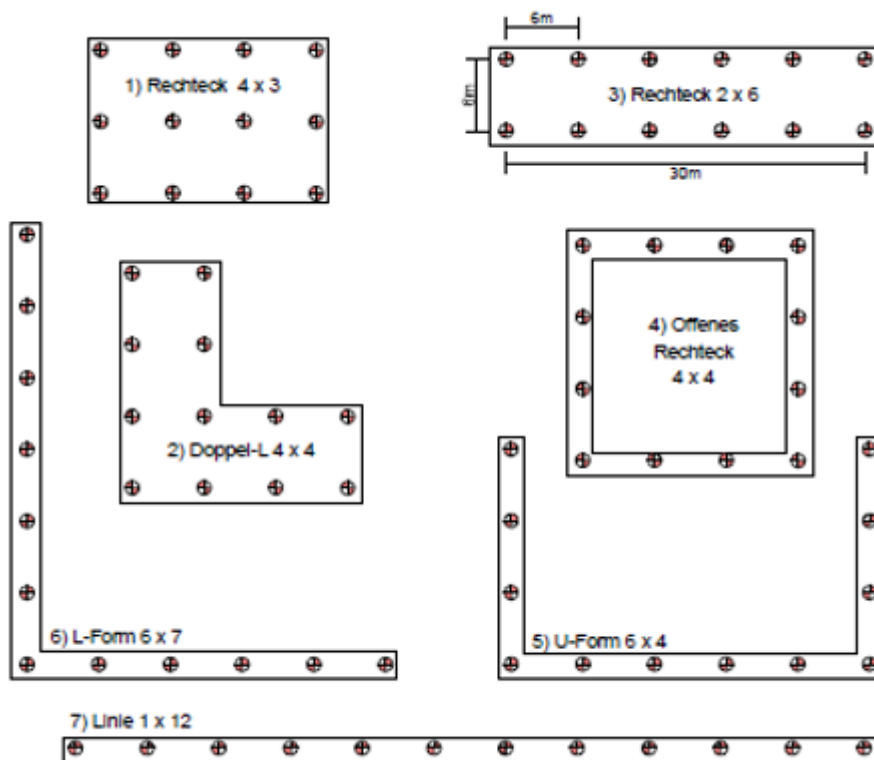


Figura 25- Arranjo geométrico dos furos

Nos primeiros casos, onde a disposição é retangular (2) e quadrangular (1), existe uma maior concentração de transferência de calor no solo, na última situação (7) onde a disposição é linear, essa concentração é muito menor e por isso é a melhor forma de não se correr o risco de saturar o solo em termos de troca de energia ou seja, alterando a temperatura média deste ao longo dos anos.

No projeto em questão, também foi tido em consideração a escolha pelo melhor material do mercado, os melhores equipamentos, sem olhar a custos. O que também leva a um possível payback mais alto.

## 2.2. MODO DE UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA NA QUINTA DA OMBRIA

A circulação de água do circuito geotérmico entre os furos e as bombas de calor é feito por um conjunto de bombas de circulação de caudal variável, que é controlado tendo em conta as solicitações do sistema e o número de bombas em funcionamento. A distribuição de água para a climatização é feita a 4 tubos e o sistema de bombagem será também do tipo caudal variável.

Foram consideradas sondas geotérmicas em PE-Xa (4 tubos), fabricadas em polietileno de alta densidade, de modo a ser adequado a sistemas geotérmicos. Este é também um material resistente ao aparecimento de fissuras.

Ao longo da propriedade foram feitos vários loops, como já se viu anteriormente (tabela 17), depois desses loops feitos e com a tubagem passada, é considerado uma entrada planeada de cada tubagem para cada Edifício, seja as Villas, Hotel ou SPA. Essa tubagem irá ligar diretamente no caso das Villas, às bombas circuladoras e a partir daí existe continuidade da instalação e do processo. No caso do Hotel e do SPA temos bombas de calor geotérmicas específicas da marca Ecoforest.

Zona	Nº Furos	Profundidade (m)
Loop 1 – Clube de Golfe	40	100
Loop 2 – Hotel	60	125
Loop 3 – Villas e SPA	72	115
Loop 4 – Villas	72	115

Tabela 17- Número de furos Geotérmicos

## 2.3. ENSAIOS AOS SISTEMAS TÉCNICOS NA QUINTA DA OMBRIA

Como os ensaios finais aos sistemas técnicos estão previstos para o verão de 2022 e como fase de obra tem existido alguns ensaios parciais de diferentes tipos de instalações, não sendo possível descrever os ensaios finais, são descritas as diferentes fases de ensaio e de vistorias que são feitas durante a execução de modo a evitar e precaver alguns problemas que possam aparecer.

### 2.3.1. Vistoria ao Pavimento Radiante

Na vistoria ao pavimento adiante, tal como na vistoria das águas de consumo (figura 26), enumera-se uma listagem de cumprimento. Neste caso, vai-se ter em conta os seguintes itens, o isolamento e a proteção das tubagens, a implantação e afastamento das serpentinas, a instalação da sonda de temperatura, o ensaio de estanqueidade e a verificação de quantidade de aditivo a fornecer para fazer o enchimento de betonilha no pavimento radiante, 25 kg de cimento para 25 cl de aditivo. Neste ensaio o troço é colocado à carga a uma pressão de 4 bar. Caso não haja uma queda de pressão superior a 1 bar no prazo de 24 h, e os outros pontos estejam todos em conformidade, dá-se a conclusão do ensaio.



		OMBRIA RESORT LOULÉ - ALGARVE					
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E ENSAIO - PAVIMENTO RADIANTE					N.º AVAC_Y5_PR_Nº 0		
Instalação: Villa Y5 Zona: Piso 1			Identificação de circuito a teste Circuito n.º: RST Y5.Q.01.3				
Data do ensaio:		Hora início:		Hora Fim:			
Temperatura ambiente:		Pressão inicial: 4 bar		Pressão final:			
Características	C	NC	NA	Quant.	Correcção Imediata	N.º NC	
1 Isolamento e protecção de tubagens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2 Implantação de traçados / passo (15cm afastamento)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
3 Instalação da Sonda de Temperatura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
4 Ensaio de Estanqueidade (Geral)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
5 Verificação de quantidade de aditivo a fornecer (25kg Cimento = 25 cl Aditivo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
6 Outros:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<b>PRESSÃO DE ENSAIO (relativas em bar)*</b>							
Tipo de Circuito (Fluido)	Ensaio Preliminar		Ensaio Resistência		Ensaio Final		Obs.
	Fluido	Pressão	Fluido	Pressão	Fluido	Pressão	
Água	-	-	-	-	Água	4	
<b>Critérios de realização e aceitação dos ensaios:</b> a) Leitura do manómetro, que não deve acusar redução de pressão superior 1bar durante um período de 24h; b) Quando a redução de pressão indicada no manómetro for superior ao indicado, deve detectar-se o problema e resolvê-lo. Após o qual deve ser efetuado novo ensaio; Como critério de aceitação, se no espaço de 24 h, no final do ensaio o manómetro não tiver uma redução > 0,5 bar, considera-se aceite o ensaio e o seu registo será...							
Observações:							
Equipamentos utilizados e calibrações:							
<b>Assinaturas</b>							
SOTÉCNICA		Cliente		Fiscalização / Dono Obra			
Rubrica		Rubrica		Rubrica			
Diogo Silva / Rui Alves / Luís Sales							
Nome Legível		Nome Legível		Nome Legível			
14/07/2021							
Data:		Data:		Data:			

Figura 26 – Ficha de Ensaio de Pavimento Radiante

## 2.3.2. Vistoria à Tubagem de AVAC

Nesta vistoria à tubagem de AVAC (figura 27), falamos da tubagem que vai ligar aos ventiloinvectores, onde será uma tubagem de ferro preto, a quatro tubos, de modo a fazer aquecimento e arrefecimento. Nesta vistoria, vai ser tido em conta a implantação de traçados, a identificação da tubagem, o ensaio de estanqueidade e as ligações à máquina. Neste ensaio o sistema é colocado à carga à pressão de 10 bar. No prazo de 24h, se não houver uma descida superior a 1 bar, e os outros pontos estiverem todos em conformidade com o que se pretende, é validado o ensaio.

Características		C	NC	NA	Quant.	Correcção Imediata	N.º NC
1	Implantação dos Traçados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2	Identificação da tubagem	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3	Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	Isolamento e protecção de tubagem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
5	Ensaio de Estanqueidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6	Fixações de tubagens	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
7	Ligações aos aparelhos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
8	Outros:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

PRESSÃO DE ENSAIO (relativas em bar)*							
Tipo de Circuito	Ensaio Preliminar		Ensaio Resistência		Ensaio Final		Obs.
	Fluido	Pressão	Fluido	Pressão	Fluido	Pressão	
Água Sanitária	água	10					

**Crítérios de realização e aceitação dos ensaios**  
a) Leitura do manómetro da bomba, que não deve acusar redução de pressão superior a durante um período de quinze minutos a trinta minutos;  
b) Quando a redução de pressão indicada no manómetro for superior ao indicado, deve detectar-se o problema e resolver-lo. Após o qual deve ser efetuado novo ensaio;  
c) Esvaziamento do troço ensaiado.  
Como critério de aceitação, se no espaço de 24 h, no final do ensaio o manómetro não tiver um abaixamento > 1bar, consirasse aceite o ensaio e o seu registo será validado.

**Observações:**

**Equipamentos utilizados e calibrações:**

Assinaturas		
SOTÉCNICA	Cliente	Fiscalização / Dono Obra
Rubrica	Rubrica	Rubrica
Nome Legível	Nome Legível	Nome Legível
Data:	Data:	Data:

Figura 27 – Ficha de Ensaio da Tubagem de AVAC

## 2.3.3. Outras vistorias a ser feitas

Existem outras vistorias e ensaios a serem realizadas, mas nesta fase de desenvolvimento da obra ainda não poderão ser realizados. Os arranques dos sistemas de climatização e a produção de AQS, são alguns exemplos de ensaios que serão feitos posteriormente. As vistorias à tubagem



de Geotermia que vem dos Loops e tem entrada nas Centrais das Villas, do Hotel e do SPA não estão a ser feitas pela Sotécnica porque ficou adjudicada a outra Entidade. No entanto de referir, que a vistoria feita centra-se no teste de pressão da tubagem. Nas Villas a pressão é colocada a 6 bar e não pode existir uma baixa de pressão superior a 15% durante 30 minutos, decorrido o tempo, coloca-se a pressão a 4 bar e é executado exatamente o mesmo princípio, acabada esta fase, é colocada a pressão a 2 bar durante 24h, onde se terá que manter, sem nenhuma baixa de pressão. Não existe norma Portuguesa em relação a este teste, portanto foi adotado o princípio realizado em Espanha.

## **CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO NA QUINTA DA OMBRIA**

---

### **3.1. INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DO RESORT QUINTA DA OMBRIA**

A Instalação do sistema de climatização é diferente entre o Hotel, o SPA e as Villas. No Hotel e no SPA temos uma central térmica com bombas de calor geotérmicas, que interligam ao sistema de captação/rejeição de calor geotérmico. Nas Villas, são colocados sistemas VRV de expansão direta arrefecidos a água e que interligam ao sistema de captação geotérmico.

Como requisito e de modo a precaver a instalação, foram consideradas e pensadas medidas passivas e ativas. As medidas passivas consistem na integração de um conjunto de medidas viradas para a conservação de energia, de modo a controlar ganhos/perdas de calor na fonte, ou pela utilização de materiais com baixos coeficientes de transmissão de calor. Já nas medidas ativas, foi considerado um sistema de climatização a preencher vários pontos, como a utilização de fluidos frigorigéneos com ODP nulo, sistemas equipados com “*free cooling*”, utilização de ventiladores com elevada eficiência elétrica ou a consideração de sistemas de iluminação de elevada eficiência e controláveis por zona.

Devido às condições do solo, as quais possuem uma elevada inércia térmica, faz com que haja uma grande vantagem na acumulação da energia, devido ao facto de à profundidade de 5 m a temperatura ser estável e de aproximadamente 17°C durante todas as estações. Portanto, as condições são as ideias na utilização e no aproveitamento de energia.

Uma outra vantagem da utilização da Geotermia como fonte de energia, é que só é necessário espaços interiores para a acomodação dos equipamentos, ou seja, não existe a necessidade de colocar equipamentos no exterior, ao contrário do que aconteceria na Aerotermia, até para uma questão de estética e de acústica, torna o espaço mais agradável, essencial numa tipologia de *resort*.

É instalado um conjunto de bombas circuladores de caudal variável para fazer a circulação de água glicolada do circuito geotérmico entre os furos e o interior das centrais técnicas, cuja regulação é controlada tendo em conta as solicitações do sistema. A distribuição de água para a climatização, no Hotel e no SPA, é feita a 4 tubos, assegurando as necessidades de aquecimento e arrefecimento. Já o sistema de bombagem, também será de caudal variável. Está também considerado, como já vimos anteriormente, um sistema solar térmico, constituído por 48 painéis solares, perfazendo uma área de captação de 145,44 m<sup>2</sup>.

### 3.2. INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DO HOTEL

A tubagem enterrada é em PEAD e será essa a utilizada nos *Loops* até à entrada das centrais térmicas. Logo no interior de cada central, é colocada uma válvula de seccionamento de grande dimensão e é feita a passagem para tubagem de ferro preto com isolamento.

Existem 7 bombas de calor geotérmicas, da marca Ecoforest (tabela 17), a 4 tubos e compostas cada uma por um kit com, 2 bombas circuladoras, 6 válvulas de seccionamento, 2 válvulas de retenção, 2 filtros, e ainda 4 juntas anti-vibráticas.

ESPECIFICACIONES ECOGEO HP 25-100		UDS.	HP1	HP3
APLICACIÓN	Lugar instalación	-	Interior	
	Tipo sistema captación <sup>1</sup>	-	Geotérmico / Aerotérmico / Híbrido	
	Calefacción, ACS con acumulador externo y piscina	-	✓	
	Refrigeración activa integrada	-	✓*	✓**
	Control Refrigeración pasiva externa	-	✓	
PRESTACIONES	Rango modulación compresor	%	25 a 100	
	Potencia calefacción <sup>2</sup> , B0W35	kW	21,1 a 86,7	
	COP <sup>2</sup> , B0W35	-	4,5	
	Potencia refrigeración activa <sup>2</sup> , B35W7	kW	-	22,3 a 90,3
	EER <sup>2</sup> , B35W7	-	-	4,6
	Temperatura ACS máxima sin apoyo	°C	60	
	Temperatura ACS máxima con apoyo	°C	70	
	Nivel emisión sonora <sup>3</sup>	db	45 a 62	
LÍMITES DE OPERACIÓN	Etiqueta energética / r/s con control clima medio	-	-	
	Rango temperaturas calefacción / Consigna	°C	10 a 60 / 20 a 60	
	Rango temperaturas refrigeración / Consigna	°C	4 a 35 / 7 a 25	
	Rango temperaturas captación calefacción	°C	-20 a +35	
	Rango temperaturas disipación refrigeración	°C	10 a 60	
	Presión circuito refrigerante mínimo / máximo	bar	2 / 45	
	Presión circuito de producción	bar	0,5 a 3	
FLUIDOS DE TRABAJO	Presión circuito de captación	bar	0,5 a 3	
	Carga de refrigerante R410A	kg	8,5	9,1
DATOS ELÉCTRICOS CONTROL	Tipo de aceite del compresor/carga de aceite	kg	POE / 6,7	
	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz	-	✓	
	Protección externa máxima recomendada	A	C16A	
	Fusible circuito primario transformador	A	0,5A	
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR TRIFÁSICA	Fusible circuito secundario transformador	A	2,5	
	3/N/PE 400 V / 50-60Hz	-	✓	
	Protección externa máxima recomendada <sup>4</sup>	A	C50A	
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W35	kW/A	20,3 / 31,8	
	Consumo máximo <sup>2</sup> , B0W55	kW/A	29,6 / 45,1	
DIMENSIONES Y PESO	Intensidad arranque	A	15,7	
	Corrección de coseno Ø	-	0,96-1	
	Altura x ancho x profundidad	mm	1000x950x900	
	Peso en vacío (sin ensamblaje)	kg	350	355

Tabela 17- Características das Bombas de Calor Geotérmicas

Às saídas, estas bombas vão ligar aos depósitos AQS, de modo a fazer o aquecimento de AQS, ligam também aos permutadores, de modo a fazer o aquecimento da Piscina e ainda estão ligadas à climatização dos espaços.

Os painéis solares por sua vez, ligam diretamente ao sistema de AQS e da água quente da piscina e estão também ligados à ao sistema de climatização.

As UTAs e os Ventiladores do Hotel têm um papel principal na climatização do espaço (figura 28). O tipo de climatização foi pensado de acordo com o que se mais adequava relativamente às características das diferentes zonas a climatizar. Nesta fase de execução só se encontra executada uma central técnica onde se tem várias UTAs e ventiladores montados (Figura 20). Nesta central as condutas são todas isoladas e como podemos ver, as ligações aos equipamentos já se encontram executadas.



Figura 28 – Central Técnica UTAs

O restaurante, a receção, a sceen bar, a biblioteca, o *kids club* e o refeitório optou-se pela escolha de unidades de tratamento de ar com 100% ar novo e com recuperação de calor do tipo roda térmica, com distribuição a 4 tubos. Existe ainda duas redes de condutas, uma de insuflação, outra de extração.

A lavandaria também tem uma unidade de tratamento de ar novo com recuperação de calor do tipo contra fluxo associada. Tem também duas redes de condutas, insuflação e extração associadas ao seu espaço.

Nas zonas administrativas foi considerado unidades ventiloconvectores para climatizar e instalar no teto falso, complementado pelo fornecimento de ar novo tratado, a partir de uma UTA.

As Instalações sanitárias possuem sistemas de extração de ar, como ventiladores e válvulas de extração, em locais fechados é colocado grelhas de transferência nas portas, de modo a permitir a compensação de ar.

A ventilação das cozinhas é feita a partir de ventiladores de extração que estarão ligados através de uma rede de condutas até às Hottes (figura 29). Os ventiladores também são de desenfumagem. A compensação de ar à cozinha é feita a partir de duas unidades de tratamento de ar novo. Em algumas zonas de corredores onde existe uma grande preparação de compatibilização de especialidades, encontram-se algumas especialidades já executadas.



*Figura 29 – Central Técnica Bombas*

### 3.3. INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DO SPA

No SPA existem 6 bombas de calor geotérmicas (figura 30), da marca Ecoforest, a 4 tubos e compostas cada uma por um kit com, 2 bombas circuladoras, 6 válvulas de seccionamento, 2 válvulas de retenção, 2 filtros, e ainda 4 juntas anti-vibráticas. Porém, visto ainda que a instalação se encontra numa fase inicial da execução do SPA, as bombas encontram-se na central técnica, mas ainda sem grandes avanços.



Figura 30 – Central de bombas de calor geotérmicas

Às saídas, tal como acontece no Hotel, estas bombas vão ligar aos Depósitos AQS, de modo a fazer o aquecimento de AQS, ligam também aos permutadores, de modo a fazer o aquecimento da água da piscina e ainda estão ligadas à climatização dos espaços.

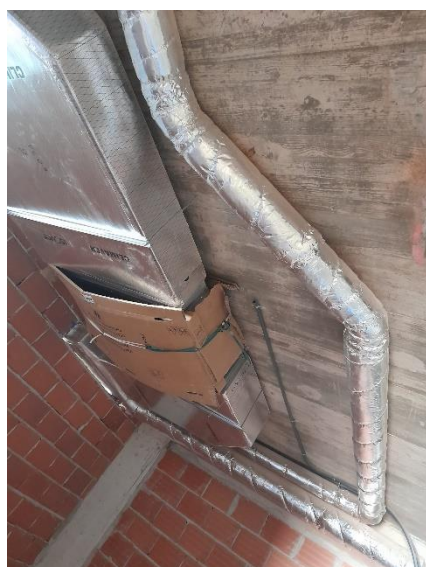


Figura 31 – VCs e troço de condutas

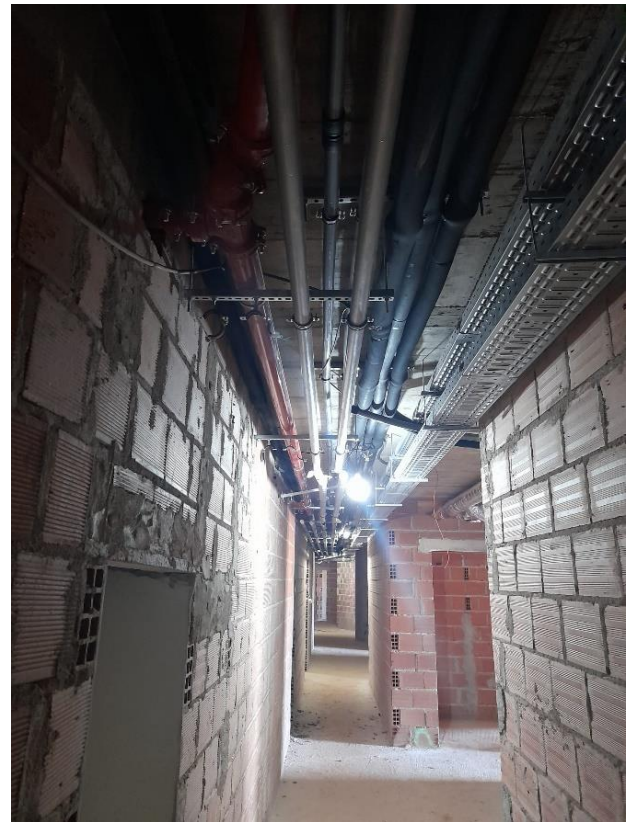
Para a climatização dos gabinetes do SPA foi considerado a utilização de ventiloconvectores (figura 31) a instalar no interior do teto falso. Nas diferentes Villas do SPA (Y2,Q e J), também foi adotada a utilização de ventiloconvectores a 4 tubos para a climatização destes espaços.



Na piscina interior do SPA, temos uma unidade de climatização compacta para tratamento e desumidificação do ar ambiente. O aquecimento da água da piscina será efetuado a partir da central térmica, mas vai haver um aproveitamento do calor rejeitado da unidade da piscina.

Nos balneários do SPA existe um sistema de ventilação que funciona sem mistura de ar, portanto 100% de ar novo, havendo ainda recuperação de calor do tipo contra fluxo.

Um grande desafio no SPA centra-se na compatibilização de especialidades (figura 32), onde em certos corredores passam a tubagem de AVAC, rede de condutas, rede de incêndio, tubagem de água, esgotos, esteiras de eletricidade, e desse modo, torna-se um grande desafio fazer esta compatibilização.



*Figura 32 – Compatibilização de Especialidades*

### 3.4. INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DAS VILAS

Nas Villas, a tubagem PEAD da geotermia quando entra nas centrais técnicas (figura 33), localizadas nos Pisos -2, encontra uma válvula de seccionamento para fazer a transição posteriormente para tubagem de ferro preto com isolamento, como acontece no Hotel e no SPA.



Figura 33 – Entrada tubagem geotermia nas caves das Villas



Figura 34 – Zona Técnica nas Villas

Esta tubagem de ferro preto liga à bomba circuladora, de marca Grundfos (figura 34). Posteriormente, irão ligar às unidades VRV da DAIKIN, localizadas na Central. Nos casos em que existem piscinas nas Villas, o equipamento VRV irá ter um troço até ao permutador de calor e às bombas da piscina.

Referente às AQS, temos também da DAIKIN, Hidrobox que têm como objetivo fazer o aquecimento das AQS (figura 35), e posteriormente, vão ligar aos depósitos. Como segundo objetivo, estas hidrobox, ligam também a uma caixa de coletores de modo a aquecer o pavimento radiante que é montado em cada casa de banho de cada apartamento.



Figura 35 – Hidrobox Villas

Name	FCU	Cooling								Heating						
		Tmp C	Rq TC	Rv TC	Max TC	Rq SC	Tevap	Tdis C	Max SC	Tmp H	Rq HC	Max HC	Tdis H	Min coil	Max coil	Air Flow Rate
		°C (DBT/RH)	kW	kW	kW	kW	°C	°C	kW	°C	kW	kW	°C	m³	m³	m³/h
Ind 1	FXSQ32A	26.0/50%	n/a	0.0	3.5	n/a	6.0	13.2	2.5	20.0	n/a	4.0	40.5	n/a	n/a	570.00
Ind 2	FXSQ32A	26.0/50%	n/a	0.0	3.5	n/a	6.0	13.2	2.5	20.0	n/a	4.0	40.5	n/a	n/a	570.00
Ind 3	FXSQ20A	26.0/50%	n/a	0.0	2.2	n/a	6.0	17.7	1.5	20.0	n/a	2.5	33.5	n/a	n/a	540.00
Ind 4	FXDQ25A3	26.0/50%	n/a	0.0	2.7	n/a	6.0	13.8	2.0	20.0	n/a	3.2	39.5	n/a	n/a	480.00
Ind 5	FXSQ32A	26.0/50%	n/a	0.0	3.5	n/a	6.0	13.2	2.5	20.0	n/a	4.0	40.5	n/a	n/a	570.00
Ind 6	FXSQ20A	26.0/50%	n/a	0.0	2.2	n/a	6.0	17.7	1.5	20.0	n/a	2.5	33.5	n/a	n/a	540.00
Ind 7	FXDQ25A3	26.0/50%	n/a	0.0	2.7	n/a	6.0	13.8	2.0	20.0	n/a	3.2	39.5	n/a	n/a	480.00
Ind 8	FXSQ32A	26.0/50%	n/a	0.0	3.5	n/a	6.0	13.2	2.5	20.0	n/a	4.0	40.5	n/a	n/a	570.00
Ind 9	FXSQ20A	26.0/50%	n/a	0.0	2.2	n/a	6.0	17.7	1.5	20.0	n/a	2.5	33.5	n/a	n/a	540.00
Ind 10	FXDQ25A3	26.0/50%	n/a	0.0	2.7	n/a	6.0	13.8	2.0	20.0	n/a	3.2	39.5	n/a	n/a	480.00
Ind 11	HXHD125A8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6.0	n/a	n/a	55.0	n/a	14.1	n/a	n/a	n/a	n/a
Ind 12	HXHD125A8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6.0	n/a	n/a	55.0	n/a	14.1	n/a	n/a	n/a	n/a
			0.0								n/a					





*Figura 36 – BS, caixas de derivação da tubagem de cobre*

As Unidades da DAIKIN (BCG), têm um troço de ligação até às BS (figura 36), que são uma espécie de caixas de derivação, onde se desmembra os troços de cobre para as UI, instaladas no teto falso de cada divisão dos apartamentos.

Na climatização dos espaços existe ainda uma Unidade de Recuperação de Calor em cada cobertura ligada por troços de conduta, fazendo a insuflação e a extração do ar dos espaços destinados dos diferentes apartamentos. Existindo assim, dois tipos diferentes de climatização dos espaços, por sistema VRV (figura 37) e por aproveitamento de uma URC. Já nos apartamentos tem-se as Unidades VRV da DAIKIN ligadas no teto falso e a insuflar para as diferentes divisões da casa.

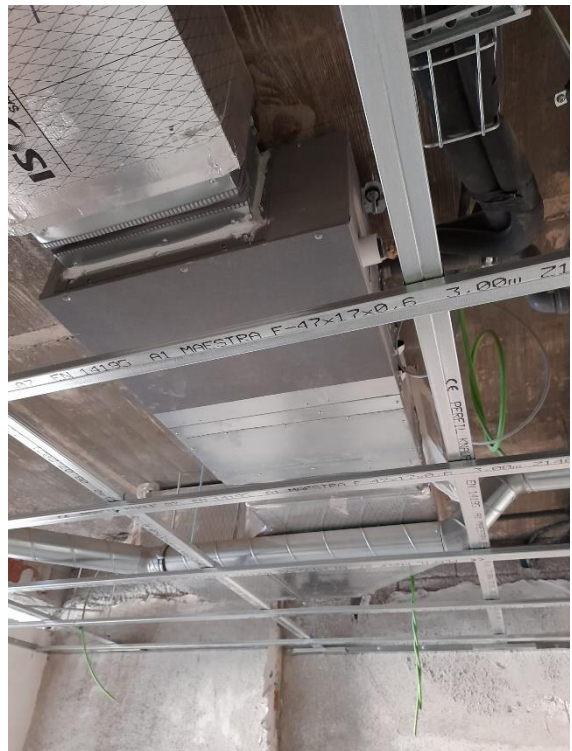


Figura 37 – Unidades Interiores Villas



Figura 38 – Pavimento Radiante Villas

Foi considerado no estudo do projeto a colocação de pavimento radiante (figura 38) nas casas de banho dos apartamentos. O pavimento radiante é alimentado por uma prumada de tubagem de água onde o aquecimento é feito a partir das hidrobombas que se encontram na cave, vai ainda existir uma caixa de coletores no piso de esteira, uma espécie de sótão, que vai servir para fazer a distribuição do pavimento radiante para todos os pisos.

### 3.5. INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS GTC

O sistema GTC será constituído por controladores programáveis de alto nível (*Automation Server*), em topologia distribuída, interligados entre si ao computador server do sistema, localizado no Edifício Principal, e aos computadores de supervisão (*workstations*), localizados no Edifício Principal e no SPA, por intermédio de uma rede de dados TCP-IP, suportada por cablagem estruturada.

O controlo será baseado nos parâmetros de funcionamento impostos pelos operadores (horários, set-points) e no valor / estado das variáveis da instalação recolhidas pelo sistema (temperaturas, ocupação).

Tem por objetivo assegurar as seguintes funções principais:

- └ Comando, Controlo e Monitorização da produção de água quente e água fria para climatização, águas quentes sanitárias e água de aquecimento da piscina, através da integração dos controladores das Bombas de Calor tendo como complemento o sistema de captação / rejeição de calor geotérmico e os coletores solares;
- └ Comando, Controlo e Monitorização da distribuição água quente e água fria para climatização, das águas quentes sanitárias da água para aquecimento da piscina por ação sobre as várias bombas circuladoras do sistema;
- └ Comando, Controlo e Monitorização das resistências elétricas que permitem o choque térmico de combate à legionela nos depósitos de acumulação das águas quentes sanitárias (DAQS) e depósitos solares (DSOLAR);
- └ Comando, controlo e monitorização das Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTANs) e Unidades de Tratamento de Ar (UTAs);
- └ Comando, controlo e monitorização das Unidades de Recuperação de Calor (URCs);
- └ Comando e monitorização de Ventiladores de Insuflação e Extração;
- └ Monitorização dos Ventiladores de Desenfumagem (VEDs e VIDs) e dos ventiladores de pressurização (VPs) ;
- └ Inibição de funcionamento e monitorização das unidades de expansão direta (Splits);
- └ Comando, controlo e monitorização das Ventiloinvetores (VCs);
- └ Comando e monitorização do estado dos registos corta-fogo (RCF's) e paragem dos respetivos equipamentos, no caso de estarem fechados;
- └ Contagem de Energia de todos os quadros das instalações mecânicas através da integração dos diversos analisadores de rede.

Para garantir uma elevada eficiência global deverão, no mínimo, ser implementados os seguintes algoritmos:

- └ Otimização do funcionamento do sistema de produção de água fria e quente, tendo como objetivo a maximização da eficiência energética do sistema;
- └ Otimização de arranque e paragem dos vários sistemas de climatização, nomeadamente UTAs e UTANs;
- └ Compensação automática de set-points, em função da temperatura exterior;
- └ Gestão dos vários equipamentos de acordo com os horários de funcionamento previstos para cada um dos espaços;
- └ Possibilidade de ajuste fino local (VCs), em relação ao set-point pré-definido;
- └ Apoio à definição e implementação de um plano de manutenção;
- └ Horários diferenciados, para dias úteis e não úteis;
- └ Tabelas de dias especiais;

Deste projeto vão fazer parte o fornecimento, instalação e colocação em serviço dos artigos principais seguintes:

- └ Unidades de supervisão e respetivo software;
- └ Controladores de Alto Nível (Automation Server) com duas portas de comunicação TCP-IP em protocolo BACnet IP e Mod-Bus TCP nativos, e portas de comunicação de campo (*field bus*) para protocolo LonTalk TP/FT-10, BACnet MS/TP e ModBus RTU;
- └ Fontes de alimentação e módulos de entradas e saídas para associação aos Automation Servers, em número e com a configuração de acordo com as Listas de Pontos;
- └ Gateways BACnet IP / M-Bus, para integração dos contadores de entalpia;
- └ Quadros para alojar os Automation Servers, fontes de alimentação e módulos de entradas e saídas, bem como as Gateways BACnet IP / M-Bus e todos os acessórios necessários (bornes, equipamento de proteção, UPS);
- └ Controladores de Quarto (HRC - *hotel room controller*) para controlo da iluminação dos quartos, suites e apartamentos, com uma porta de comunicação BACnet IP e duas portas de comunicação ModBus RTU para ligação aos painéis tácteis;
- └ Controladores DDC para controlo dos ventiloinvetores, com porta de comunicação LonTalk;
- └ Rede de cablagem estruturada entre o Server, os Posto de Supervisão, os Automation Servers, os Controladores DALI do sistema de controlo de iluminação (BACnet IP), os controladores HRC (BACnet IP) e os controladores das UTAs e UTANs (BACnet IP);

- ┌ Rede de cablagem para *field bus* LonTalk interligando os Automation Server aos controladores DDC dos ventiloinvetores e ao sistema de controlo e monitorização dos RCFs;
- ┌ Rede de cablagem para *field bus* Mod-Bus RTU interligando os Automation Server aos controladores das bombas de calor e dos analisadores de rede;
- ┌ Cablagem de ligação aos quadros das outras instalações técnicas;
- ┌ Cablagem de ligação ao equipamento de campo;
- ┌ Equipamento de campo, nomeadamente os painéis tácteis de vidro para comando de iluminação e AVAC a instalar nos quartos, suites e apartamentos.

### 4.1. ESTUDO DOS FATORES FAVORÁVEIS DA GEOTERMIA

Estudo comparativo para a QO com Aerotermia, comparação em termos de ruído, comparação entre tipos de manutenção)

Tanto a energia aerotérmica como a geotérmica são energias limpas e renováveis e, como já vimos, ambas utilizam bombas de calor para poderem climatizar os espaços. No caso da energia aerotérmica, consideram-se as bombas de calor ar-água e, no caso da energia geotérmica, utiliza-se bombas de calor água-água.

Ao escolher o sistema de climatização mais adequado, vários fatores devem ser levados em consideração: área geográfica e localização da casa, tipologia, necessidades e conforto térmico.

Portanto, temos de ter em conta os seguintes critérios:

**Custo do investimento:** A energia geotérmica extrai a energia armazenada no subsolo, portanto será necessário a realização de perfurações para captação térmica. Estas perfurações irão variar dependendo das condições do terreno, do tipo de captação necessária, hidrologia, entre outros aspetos. A aerotérmica, no entanto, requer apenas de um espaço para localizar a unidade exterior.

**Desempenho:** Enquanto a bomba de calor aerotérmica (ar-água) está sujeita a flutuações devido às condições meteorológicas externas, a bomba de calor geotérmica (água-água) obtém a energia do solo cuja temperatura é muito mais estável, pois não é submetida às condições do clima exterior, daí, oferecer um desempenho energético muito maior do que a energia aerotérmica. A bomba de calor geotérmica funciona durante muito mais tempo, com uma fonte da qual extrai a energia, a uma temperatura mais próxima da de aplicação do que a aerotérmica. De acordo com as características de funcionamento da bomba de calor, em geral, no caso em que a temperatura média do corpo quente é mais elevada, obtêm-se sempre melhores desempenhos (maior índice de COP), o que do ponto de vista técnico a melhor opção é de longe a energia geotérmica (COPs sazonais de 5 podem ser alcançados, enquanto a energia aerotérmica chega a 3).

**Manutenção:** Os custos de manutenção são semelhantes em ambos os sistemas, embora a probabilidade de avarias seja maior na energia aerotérmica do que na geotérmica. Em primeiro lugar, pela exposição constante aos elementos da unidade exterior, pelo choque térmico dos processos de descongelação e pela maior probabilidade de fugas de refrigerante em sistemas aerotérmicos avariados.

**Amortização:** Se para um mesmo edifício compararmos o custo de uma instalação geotérmica com uma aerotérmica, descobrimos que o investimento é significativamente maior. A

diferença deve-se principalmente ao custo das perfurações. No entanto, o custo de operação, custo da energia e manutenção é menor.

**Conforto:** Embora a possibilidade de ruído irritante gerado com a energia aerotérmica, pelos equipamentos instalados no exterior, seja baixa, com a energia geotérmica é de facto nula. Portanto a energia geotérmica leva vantagem neste aspeto. Este é um aspeto muito importante para projeto em questão, já que num resort deste tipo, bem integrado na natureza, esse tipo de ruído deverá ser nulo.

**Vida útil:** Existe uma maior vida útil da bomba geotérmica o que leva aos fabricantes a dar o dobro da garantia nos compressores das bombas geotérmicas em comparação com os mesmos compressores quando aplicados em bombas aerotérmicas (vida útil média de 24 anos em bombas geotérmicas em comparação com 14 anos de bombas aerotérmicas). Por outro lado, os furos geotérmicos tem um período de vida muito superior aos equipamentos de climatização, mais do que 50 anos e por isso poderá ser considerada uma infraestrutura que poderá ser utilizada durante várias remodelações dos sistemas e climatização.

**Estética:** Não existe na energia geotérmica, pois não existem elementos externos. Na aerotérmica, as unidades externas são normalmente instaladas em locais com pouco impacto estético e sonoro. Portanto a energia geotérmica leva vantagem.

**Custo médio de utilização:** Em geral a energia aerotérmica consome mais do que a geotérmica.

De modo a realizar um estudo comparativo entre a geotermia e a aerotermia, foi utilizada a folha de cálculo CLIMAS.SCE do LNEC para gerar o ficheiro climático da localização da Quinta da Ombria, de modo a fazer a calcular os valores médios COP e EER para bombas de calor de aerotermia.

Primeiramente, foi retirado da base de dados do software Design Builder a fórmula das curvas características (tabela 18), das bombas para a situação pretendida, produzidas pela ASHRAE.

Para calcular o EER médio (tabela 19), para as estações de arrefecimento para as possíveis bombas aerotérmicas que viriam substituir as bombas geotérmicas (tabela 28), foi utilizada a seguinte equação:

$$Z=C1+C2*x+C3*x^2+C4*y+C5*y^2+C6*xy$$

Do DB, foram retirados os seguintes set points:

X	Temperatura da água à saída do chiller	
Y	Temperatura do exterior	
	<b>EIRFT</b>	<b>CAPFT</b>
C1	0,710651	1,001336131
C2	0,000395	0,036782939
C3	0,000391	0,00019522
C4	-0,01004	-0,00009826
C5	0,000659	-0,000143274
C6	-0,00078	-0,000335647

Tabela 18- Dados de Curva característica para aquecimento

Temperatura à saída água mínimo (°C)	4,44
Temperatura à saída água máximo (°C)	10

Temperatura do ar mínimo (°C)	23,89
Temperatura do ar máximo (°C)	46,11

Tabela 19 - Set Point de temperatura

COP Ref	2,99
Pot Arref ref (Qref)(kW)	78,1
Q comp (ref)(kW)	26,1

Tabela 20 - Consumos de aquecimento

✓  $Q_{comp} = \text{Pot Arref ref} / \text{COP ref}$

Depois de definidas as características das curvas das bombas de calor e os *set points* mencionados, foi feita a simulação, de modo a chegar a um EER médio. Simultaneamente, calculou-se também um EER para a estação de arrefecimento (1 de maio a 14 de outubro).

Chegou-se aos seguintes valores:

- ✓ EERmed = 3,99
- ✓ EER estação arref = 3,937

Posteriormente, foi feita a mesma simulação e o mesmo procedimento que tinha sido descrito anteriormente (tabela 21), mas desta vez para se chegar a um COP médio e a um COP na estação de aquecimento (tabela 24).

A fórmula da curva característica é a mesma que foi utilizada para o cálculo do EER. Já os *set points*, foram os seguintes:



X	Temperatura da água à saída do chiller	
Y	Temperatura do ar do ar exterior	
	<b>COPFT</b>	<b>CAPFT</b>
C1	2,014025358	1,056466703
C2	0,048723785	0,026616184
C3	0,000298979	0,000362662
C4	-0,039945654	-0,008569968
C5	0,000289773	5,90858E-05
C6	-0,000607001	-0,0001057

Tabela 21 - Dados de Curva característica para arrefecimento

Temperatura mínima do ar exterior (°C)	-15
Temperatura máxima do ar exterior (°C)	20

Tabela 22 - Set Points de aquecimento

Temperatura mínima à saída água (°C)	35
Temperatura máxima à saída água (°C)	55

Tabela 23 - Set Points de arrefecimento

COP Ref	3,5
Pot Aquec ref (Qref)/kW	15
Q comp (ref)(kW)	4,286

Tabela 24 - Consumos de arrefecimento

✓  $Q \text{ comp} = \text{Pot Aquec ref} / \text{COP ref}$

Depois de definidas as características das curvas das bombas de calor e os set points mencionados, foi feita a simulação, de modo a chegar a um COP médio. Simultaneamente, calculou-se também um COP para a estação de aquecimento (15 de Outubro a 30 de Abril).

- ✓ COPmed = 4,28
- ✓ COP estação aquecimento = 3,983

Para existir uma comparação entre a Geotermia e a Aerotermia, foi necessário retirar as potências dos equipamentos dimensionados para a Quinta da Ombria. Para chegar a estes valores, teve que se consultar os catálogos dos fabricantes e do que estava considerado em Projeto.

Para as Villas (tabela 25), as potências dimensionadas foram as seguintes:

### Vilas

Modo de Aquecimento	
Pot Aquec (kW)	57,4
Pot cons (kW)	9,8
COP	5,86

Modo de Arrefecimento	
Pot Arref (kW)	51,4
Pot cons (kW)	9,2
EER	5,59

Tabela 25 - Set Points das Vilas

Para o Hotel foi retirado a potência e os set points considerados.

### Hotel

Potência Aquecimento	108 kW	(45°C)	COP 100%	Informação
Temperatura Captação (°C)	7	10		
Temperatura Produção (°C)	35	30	5,5	Catálogo
Temperatura Produção (°C)	55	50	3,4	Catálogo

Tabela 26 - Set Points do Hotel

✓ Por interpolação, chegou-se ao COP=4,45.

Posteriormente (tabela 27), foi considerado 6 bombas circuladoras, com uma potência de 1,5kW cada. O que fez um novo COP de 4,19 para o aquecimento.

Modo de Arrefecimento				
Potência de Arrefecimento	100 kW	(7/12°C)	EER 100%	Informação
Temperatura Captação (°C)	30	35		
Temperatura Produção (°C)	7	10	4,2	Catálogo
Temperatura Produção (°C)	12	15	4,8	Catálogo

Tabela 27 - Set Points de Arrefecimento do Hotel

✓ Por interpolação, chegou-se ao EER=4,32.

Mais uma vez, considerando as bombas circuladoras, fez para um EER de 4,06 para o arrefecimento.

Para o SPA (tabela 28), foi também retirado a potência e os set points.

### SPA

Modo de Aquecimento				
			COP 100%	
Temperatura Captação (°C)	7	10		
Temperatura Produção (°C)	35	30	5,25	Catálogo
Temperatura Produção (°C)	55	50	4,1	Catálogo

Tabela 28 - Set Points de Aquecimento do SPA

✓ Por interpolação chegou-se ao valor de COP=4,675.

Modo de Arrefecimento				
			EER 100%	
Temperatura Captação (°C)	30	35		
Temperatura Produção (°C)	7	10	3,9	Catálogo
Temperatura Produção (°C)	12	15	4,9	Catálogo

Tabela 29 - Set Points de Arrefecimento do SPA

✓ Por interpolação chegou-se ao valor de EER=4,1.

Após calcular os COP e EER (tabela 29) das soluções a Aerotermia e a Geotermia, obtemos os seguintes valores:

Aerotermia	
EER médio estação arrefecimento (1 Maio a 14 de Outubro)	3,938
COP médio estação aquecimento (15 de Outubro a 30 de abril)	3,983

Tabela 30- COP e EER de Aerotermia

Geotermia	
<b>Villas</b>	
EER médio estação arrefecimento (1 Maio a 14 de Outubro)	5,587
COP médio estação aquecimento (15 de Outubro a 30 de abril)	5,857
<b>Hotel</b>	
EER médio estação arrefecimento (1 Maio a 14 de Outubro)	4,057
COP médio estação aquecimento (15 de Outubro a 30 de abril)	4,191
<b>SPA</b>	
EER médio estação arrefecimento (1 Maio a 14 de Outubro)	4,100
COP médio estação aquecimento (15 de Outubro a 30 de abril)	4,675

Tabela 31- COP e EER de Geotermia

Como se pode notar, os COP e EER nas situações a Geotermia são sempre superiores à situação simulada a Aerotermia, o que vai de acordo com a informação já reunida.

As necessidades térmicas do Hotel, SPA e Villas (tabela 32), já foi visto anteriormente na descrição das simulações HAP, mas como resumo, chegou-se aos seguintes valores:

Villas	
Necessidades Geotermia Aquecimento Villas (kWh)	19677
Necessidades Geotermia Arrefecimento Villas (kWh)	486673

Tabela 32- Necessidades das Villas

SPA	
Necessidades Geotermia Aquecimento SPA (kWh)	19533
Necessidades Geotermia Arrefecimento SPA (kWh)	96216

Tabela 33- Necessidades do SPA

<b>Hotel</b>	
Necessidades Geotermia Aquecimento Hotel (kWh)	157940
Necessidades Geotermia Arrefecimento Hotel (kWh)	319741

Tabela 34- Necessidades do Hotel

Posteriormente, e como principal objetivo, agora já tendo os COP e EER para as diferentes situações e as necessidades térmicas calculadas para os espaços, foram calculados os consumos térmicos para (tabela 35), os diferentes espaços.

✓ Consumos = necessidades/COP

<b>Villas</b>	
Consumos de Aquecimento Geotermia QO Villas	3359,49
Consumos de Arrefecimento Geotermia QO Villas	87108,8
Consumos de Aquecimento Aerotermia QO Villas	4940,27
Consumos de Arrefecimento Aerotermia QO Villas	123596

Tabela 35- Consumos das Villas

Na situação das Villas, existe uma grande diferença do COP e EER da situação da Geotermia para a Aerotermia, portanto origina as grandes diferenças de consumos (tabela 36), que se constata acima.

<b>SPA</b>	
Consumos de Aquecimento Geotermia QO SPA	4178,182
Consumos de Arrefecimento Geotermia QO SPA	23467,32
Consumos de Aquecimento Aerotermia QO SPA	4904,114
Consumos de Arrefecimento Aerotermia QO SPA	24435,18

Tabela 36- Consumos do SPA

No SPA, como o COP e o EER não é tão diferente como nas Villas, já existe uma diferença menor. No entanto, constata-se que continua a haver consumos inferiores na Geotermia em relação à Aerotermia.

<b>Hotel</b>	
Consumos de Aquecimento Geotermia QO Hotel	37685,7
Consumos de Arrefecimento Geotermia QO Hotel	78810,2
Consumos de Aquecimento Aerotermia QO Hotel	39653,7
Consumos de Arrefecimento Aerotermia QO Hotel	81202

Tabela 37- Consumos do Hotel

No Hotel, acontece um pouco a mesma situação que no SPA, a diferença de COP e EER entre a Geotermia e a Aerotermia é menor (tabela 36), o que leva a uma menor diferença de consumos entre ambos. No entanto, podemos mais uma vez constatar que os consumos na Geotermia são inferiores aos consumos na Aerotermia.

Por último, foi calculado as emissões de CO<sub>2</sub> para as várias situações tanto de Geotermia como de Aerotermia (tabela 38). Considerando um fator de emissão de 0,36 kg/kWh<sub>ele</sub>, de acordo com o SCE, de emissões de CO<sub>2</sub> e multiplicando pelos consumos calculados anteriormente, chegamos aos seguintes valores de Emissões de CO<sub>2</sub>:

<b>Emissões CO2 (kg<sub>eq.CO2</sub>/ano)</b>	
<b>Villas</b>	
Geotermia Aquecimento	1209,42
Geotermia Arrefecimento	31359,16
Aerotermia Aquecimento	1778,50
Aerotermia Arrefecimento	44494,68
Diferença total Geotermia - Aerotermia	-13704,60
Percentagem Redução	29,6%
<b>SPA</b>	
Geotermia Aquecimento	1504,15
Geotermia Arrefecimento	8448,23
Aerotermia Aquecimento	1765,48
Aerotermia Arrefecimento	8796,67
Diferença total Geotermia - Aerotermia	-609,77
Percentagem Redução	-5,8%
<b>Hotel</b>	
Geotermia Aquecimento	13566,87
Geotermia Arrefecimento	28371,68
Aerotermia Aquecimento	14275,33
Aerotermia Arrefecimento	29232,71
Diferença total Geotermia - Aerotermia	-1569,49
Percentagem Redução	-3,6%

Tabela 38 - Emissões de CO<sub>2</sub> no complexo

## 4.2. POTENCIAL UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM PORTUGAL

Em Portugal a aposta na energia geotérmica é quase nula. No Arquipélago dos Açores existem três centrais geotérmicas mas isto deve-se ao facto da sua entalpia ser muito maior do que a que existe em Portugal Continental. Esta questão dos valores das temperaturas/entalpias dos recursos geotérmicos serem diferentes de local para local é também originado por diversos fenómenos geológicos, por exemplo, nos casos onde a crosta terrestre é menos espessa ou próxima de locais onde ocorrem acidentes geológicos, como falhas, tem influencia nestas mudanças.

Uma desvantagem que ainda existe em Portugal na aposta desta fonte de energia é o facto da legislação portuguesa não enquadrar especificamente aproveitamentos de baixa ou muito baixa entalpia, para que qualquer pessoa independente ou empresa, possa avançar com o aproveitamento do potencial geotérmico para aquecimento e arrefecimento de forma fácil e rápida. Portanto, para avançar com este projeto será necessária uma aprovação do Estado, tornando por vezes os processos complexos e morosos.

Como já vimos anteriormente, podemos ter duas soluções na utilização da energia geotérmica. Com furos na horizontal ou na vertical. Em situações de habitações já feitas, no caso de se tratar de apartamentos sem espaço envolvente à volta, torna-se muito complicado a adoção desta prática, devido ao facto de não existir espaço para a operação. Se for moradias individuais e existir espaço à volta, tanto dá para adotar a situação de furo na vertical como na horizontal. Já se existir moradias geminadas ou em banda, a situação mais prática seria os furos na vertical, devido à falta de espaço.

Na prática, a melhor solução é avançar com este trabalho na altura da execução do projeto da habitação, porque não existiria entraves, fosse moradia ou apartamentos, fosse geminada ou não.

Já na teoria, um grande entrave é a pouca informação que existe acerca deste assunto. Caso existisse outra publicidade e outro estudo mais pormenorizado, conciliando isto com a informação que posteriormente fosse passada para todos nós, poderia existir uma maior aposta e com isso mais benefícios até de poupança nas nossas casas. Isto devido ao facto de ser uma fonte natural que nos traria poucos custos e uma diminuição dos custos comuns que existem em habitação.

### 4.3. POTENCIAL UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA EM EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS EM PORTUGAL

A aposta neste tipo de projeto ainda é um pouco no desconhecido, isto, porque ainda não existem muitos casos que sirvam de exemplo ou de incentivo aos demais. Para juntar a isto, o custo inicial do investimento é muito alto e a falta de mão de obra especializada também é uma grande barreira. No entanto, o retorno é bastante rápido e facilmente temos o proveito da aposta neste serviço em vez dos serviços tipicamente utilizados. Uma das desvantagens é não existirem valores de referência para Portugal.

Uma grande utilização da geotermia em edifícios de comércio e serviços em Portugal são com recurso às bombas de calor geotérmicas, que apresentam uma solução energeticamente eficiente para fornecer condições de conforto interior às habitações, isto porque aproveitam a energia do meio onde se inserem, com temperaturas quase constantes e moderadas, para produzir calor, quer para climatização, quer para produção de águas quentes sanitárias (AQS). A popularidade crescente destes sistemas é refletida pelo sucesso na integração em edifícios, como por exemplo, no norte da Europa e em particular nos climas frios, como na Escandinávia, tendo por objetivo a substituição de caldeiras como equipamento produtor de calor nos sistemas de aquecimento.

Um entrave a esta aposta é como já vimos na utilização em habitação pessoal, o tipo de instalação, vertical ou horizontal, depende dos mesmos fatores. Além de que em situações com necessidades muito superiores como é este o caso, a instalação na vertical vai ser sempre predominante, de modo a cumprir com os confortos térmicos pretendidos.

Devido aos altos gastos que um grande edifício de serviços tem constantemente, uma solução com recurso à energia geotérmica é de todo uma grande solução. Além do alto investimento inicial, por norma, o *payback* é baixíssimo. Em pouco tempo, o investimento está suportado.

No entanto, e tal como já foi referido, a inexistência de mão de obra especializada faz com que exista uma prática de não concorrência e por isso, o valor vai ser sempre bastante inflacionado. A necessidade de existir concorrência levaria a uma disputa, no bom sentido, da oferta e baixaria o valor pedido. Devido a isto, seria bastante importante existir concorrência neste ramo.

#### 4.4. VANTAGENS DE DESENVOLVER MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA

Como já foi referido anteriormente, em Portugal não temos mão de obra especializada, o que é logo um problema para quem quer apostar neste tipo de instalação.

De modo a fazer um enquadramento prático às possíveis vantagens, a aposta séria neste ramo levaria a um mercado monopolista, isto é, só existiria um vendedor no mercado que iria monopolizar o mercado e fixar os preços. Um exemplo de uma entidade monopolista em Portugal é a ANA Aeroportos, que devido ao facto de ser a única entidade na sua área, monopoliza o seu mercado da forma mais beneficiária para ela.

No entanto, a existência de mais do que uma entidade, porventura, duas ou três entidades, também não quer dizer que seja uma solução perfeita, isto porque podemos centrar-nos num mercado de oligopólio, onde esse pequeno número de empresas ao dominar o mercado, podem pactuar e aumentar os preços em simultâneo. O que levaria mais uma vez a prejudicar o cliente. Nestes dois casos, estamos perante uma concorrência imperfeita, visto que não existe equilíbrio natural entre a oferta e a procura.

A concorrência perfeita seria vários concorrentes onde disputariam o maior número de clientes sem inflacionar os preços de venda.

Neste caso específico da mão de obra da geotermia, seria uma grande aposta devido ao facto de não existir nenhuma entidade ou empresa que aposte verdadeiramente neste tema em Portugal, portanto, como empresa pioneira, estaríamos numa situação de mercado monopolista.



## 4.5. CASOS TIPO

### 4.5.1. Situação Clima Frio, Hotel

#### Aquecimento

De modo a fazer uma comparação das necessidades térmicas em relação à localização, isto é, para Loulé, irá utilizar-se as necessidades térmicas que foram calculadas anteriormente. Já noutra parte do mundo, devido à diferença do clima, as necessidades térmicas vão variar e o COP e o EER também vão ser diferentes. Por exemplo para um País que por norma seja mais frio, que para além de necessitar de mais aquecimento e menos arrefecimento, o COP vai diminuir e o EER vai aumentar, devido às menores temperaturas do solo (geotermia) ou do ar exterior (aerotermia).

Para completar esta informação foi feita a simulação HAP para Estocolmo, Suécia (tabela 39). Como se trata de um País com grandes necessidades de aquecimento e baixas de arrefecimento, chegou-se aos seguintes valores:

<b>Mês</b>	<b>Energia útil de Aquecimento (kWh)</b>
<b>Janeiro</b>	177900
<b>Fevereiro</b>	136015
<b>Março</b>	138849
<b>Abril</b>	90428
<b>Mai</b>	2555
<b>Junho</b>	0
<b>Julho</b>	0
<b>Agosto</b>	0
<b>Setembro</b>	0
<b>Outubro</b>	83223
<b>Novembro</b>	125782
<b>Dezembro</b>	162441
<b>Total</b>	<b>917193</b>

Tabela 39- Consumos Aquecimento Hotel

Com isto é notório que existe uma grande diferença de necessidades de aquecimento. A diferença entre ambos é de  $917193 - 157940 = 759253$  kWh, o que origina um aumento de 580% para o aquecimento em Estolcomo em relação à Quinta da Ombria.

A seguinte figura (figura 39), obtida pelo software HAP, fornece um gráfico das necessidades mensais de aquecimento ao longo do ano.

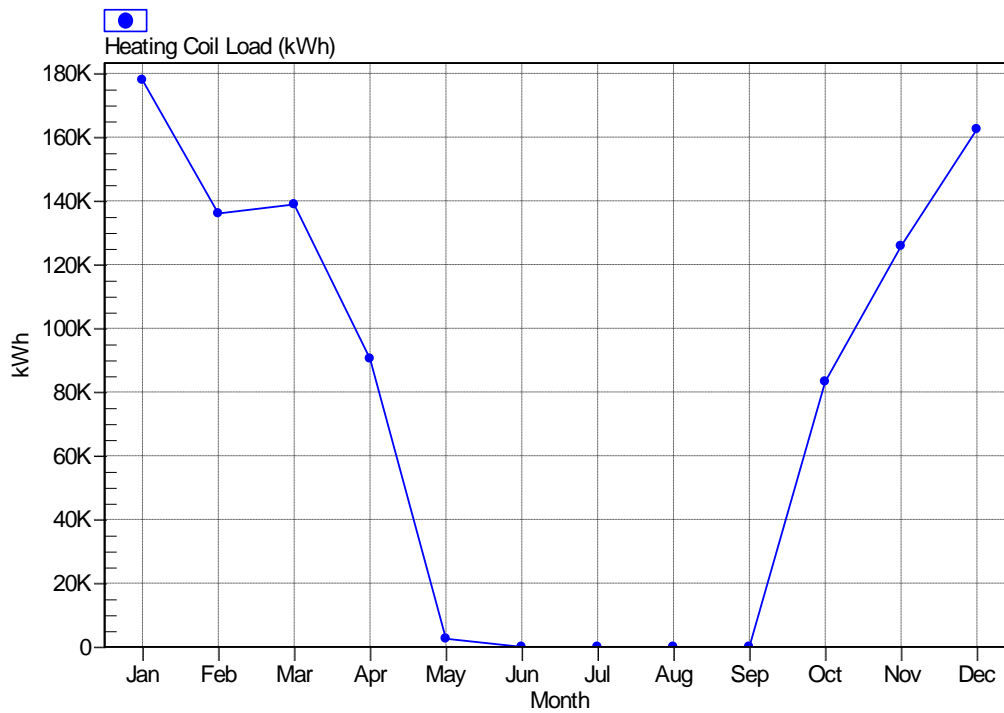


Figura 39- Consumo aquecimento ao longo do ano

## Arrefecimento

Já no arrefecimento irá acontecer o oposto (tabela 40), irá ter menos necessidades de arrefecimento, devido às baixas temperaturas nos meses mais quentes. Como se pode constatar na tabela abaixo.

<b>Mês</b>	<b>Energia útil de Arrefecimento (kWh)</b>
<b>Janeiro</b>	0
<b>Fevereiro</b>	0
<b>Março</b>	0
<b>Abril</b>	401
<b>Mai</b>	6499
<b>Junho</b>	10901
<b>Julho</b>	13786
<b>Agosto</b>	7415
<b>Setembro</b>	837
<b>Outubro</b>	0
<b>Novembro</b>	0
<b>Dezembro</b>	0
<b>Total</b>	<b>39838</b>

*Tabela 40- Consumo Arrefecimento anual*

Logo aqui visualiza-se um grande decréscimo nas necessidades de arrefecimento 39838 - 319741 = - 279903 kWh. O que perfaz 12,45% dos valores das necessidades térmicas em Loulé.

Na seguinte figura (figura 40), ocorre o oposto do gráfico do aquecimento. Meses quentes mais encurtados do que os meses frios.

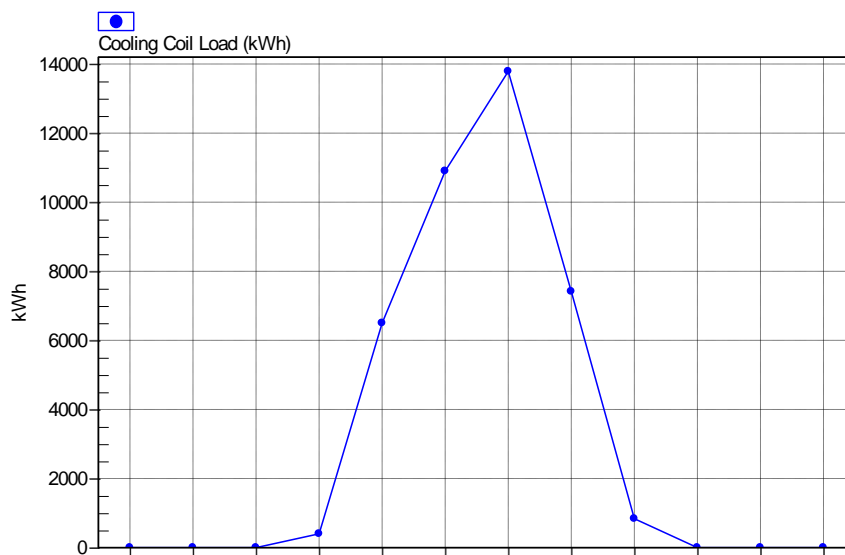


Figura 40- Consumos arrefecimento ao longo do ano

#### 4.5.2. Situação Clima Quente Hotel

##### Aquecimento

De seguida, irão ser analisados os resultados para um país que por norma tem temperaturas muito elevadas durante o ano inteiro. Nesta situação, mais concretamente em Nairobi, no Quênia, como as necessidades de aquecimento vão ser muito baixas, devido às altas temperaturas durante todo o ano, irá ter um COP mais alto e um EER mais baixo.

Na tabela abaixo (tabela 41), pode-se constatar isso mesmo.

Mês	Energia útil de Aquecimento (kWh)
Janeiro	2742
Fevereiro	1312
Março	988
Abril	444
Maio	89
Junho	0
Julho	0
Agosto	0
Setembro	0
Outubro	2938
Novembro	2264

<b>Dezembro</b>	2098
<b>Total</b>	<b>12876</b>

Tabela 41- Consumos de Aquecimento

Em relação às necessidades térmicas de Loulé, terá que  $12876 - 157940 = -145064$  kWh. O que perfaz 8,15% em relação às necessidades de Loulé.

Na figura seguinte (figura 41), pode-se constatar que os meses com necessidades de aquecimento são poucos.

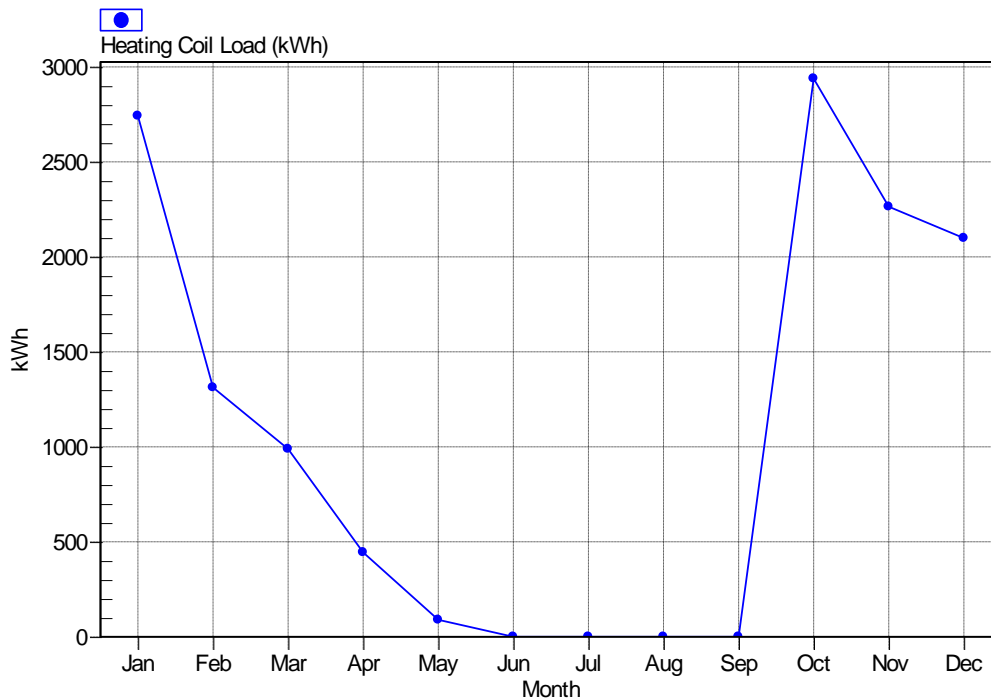


Figura 41- Consumos de aquecimento ao longo do ano

### Arrefecimento

No Arrefecimento acontece o oposto (tabela 42), devido às altas temperaturas durante quase todo o ano, as necessidades de arrefecimento vão ser muito altas durante todo o ano, tal como os meses com estas necessidades também serão maiores.

Desse modo, terá as seguintes necessidades:

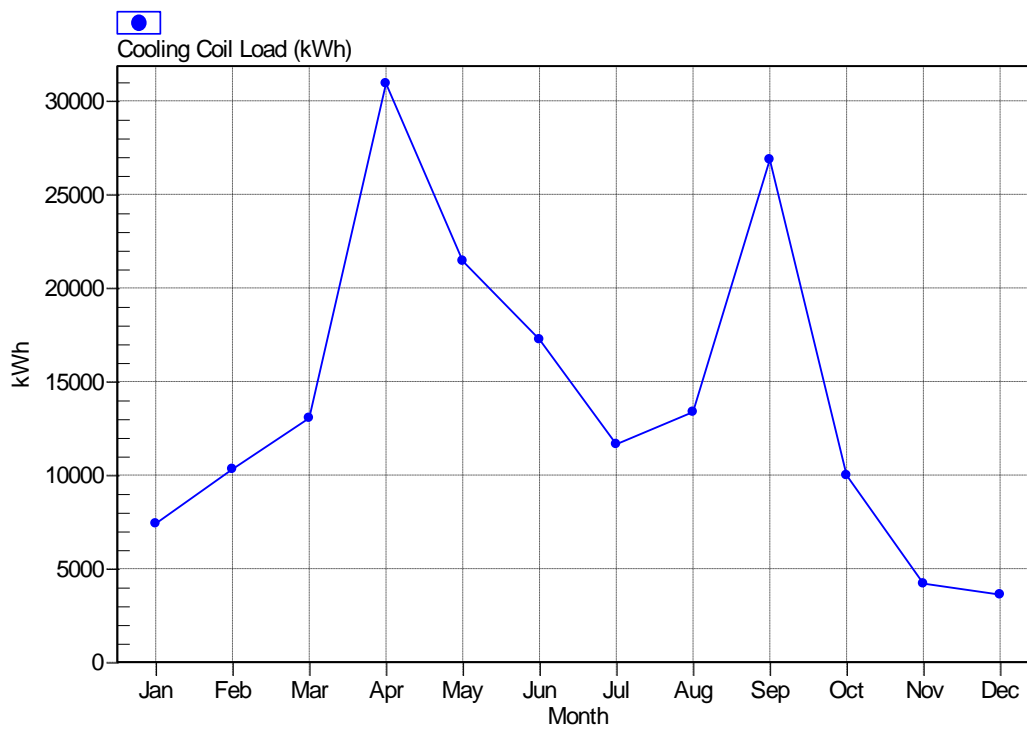
Mês	Energia útil de Arrefecimento (kWh)
<b>Janeiro</b>	7404
<b>Fevereiro</b>	10313
<b>Março</b>	13046

<b>Abril</b>	30921
<b>Mai</b>	21436
<b>Junho</b>	17242
<b>Julho</b>	11644
<b>Agosto</b>	13367
<b>Setembro</b>	26855
<b>Outubro</b>	9988
<b>Novembro</b>	4199
<b>Dezembro</b>	3610
<b>Total</b>	<b>170025</b>

*Tabela 42- Consumos arrefecimento ao longo do ano*

Podemos ver que temos necessidades que não são tão altas como as de Loulé.  $319741 - 170025 = 149716$  kWh. O que perfaz 53% das necessidades da Quinta da Ombria.

Na figura abaixo (figura 42), verificam-se então os meses de arrefecimento.



*Figura 42- Consumos arrefecimento anual*

### 5.1. CONCLUSÃO

Em Portugal é evidente a falta de aposta na Energia Geotérmica e nos poucos avanços que tem tido em relação a outros Países. Mesmo tendo condições de baixa entalpia, fica comprovado que a aposta deveria ser muito maior, devido ao facto de se tratar de uma energia renovável de grande aproveitamento futuro. Entre estes poucos avanços existem grandes fragilidades, desde a falta de técnicos especializados e à inexistência de uma legislação própria. Como ficou comprovado ao longo do estudo que foi feito, o investimento inicial é logo um dos grandes entraves à aposta nesta fonte de energia, também devido ao facto de pouca informação que existe e que passa para o consumidor final.

Como vimos existem poucos exemplos praticados em Portugal. Conjugando isto ao facto da pouca informação que é passada em relação a este tema, é evidente que, seja em situações domésticas, como em situações de edifícios de comércio e serviços, não exista sequer a possibilidade de se apostar neste tipo de sistema. Caso existisse uma divulgação e promoção como existe por exemplo, nos *splits*, ou nos painéis solares, conjugando com mais informação, seria um bom incentivo para alterar o tipo de aposta existente em Portugal. Mesmo que isto acontecesse, viria o problema seguinte, a falta de técnicos especializados.

Este Projeto da Quinta da Ombria ocorre numa fase importante, de modo a demonstrar para possíveis investidores neste setor de que se trata de uma aposta certa e eficiente. Tem, portanto, um papel de grande relevo, devido ao facto de se tratar do primeiro grande projeto de Geotermia neste setor. Tendo como montra, a zona do Algarve, é de grande relevo a visibilidade que irá ter e a projeção tanto a nível nacional como também internacionalmente.

A promoção deste setor é de grande importância devido ao grande aproveitamento que pode ter, mas também para demonstrar que existem mais soluções energéticas que não as mais comuns. Como vimos ao longo deste estudo, a Aerotermia é o método mais utilizado e que tem uma maior aposta, mas vemos que a Geotermia também pode ser uma grande novidade no futuro da eficiência energética em Portugal.

Concluindo, trata-se de um setor com grande projeção futura, mas que por múltiplas razões, ainda não foi alvo da aposta de que deveria merecer. Deve ser realçado principalmente pelas vantagens que traz e, também, devido a tratar-se de uma energia renovável de grande projeção de utilização.

## 5.2. TRABALHOS FUTUROS

Na sequência do presente trabalho surgiram alguns aspetos que se revelaram bastante interessantes para um estudo mais a fundo, até pela falta de casos práticos similares no nosso País e na projeção a que a aposta neste tipo de ideologia se pode tornar futuramente. De seguida, são referidas sumariamente aqueles que podem vir a ser objetivo de estudo:

- Maior aposta em Projetos de Grande Dimensão recorrendo à Geotermia;
- Vantagens na aposta da Geotermia;
- Casos práticos de sucesso;
- Desenvolvimento de mão de obra especializada;
- Vantagens para desenvolver mão de obra especializada;
- Estudo comprovado acerca da diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>;
- Funcionamento do Sistema de AVAC recorrendo à Geotermia em detrimento da Aerotermia.

Deste modo, podemos concluir que é um tema muito pouco aprofundado no nosso País, o que o torna numa fonte de energia com uma grande projeção e possível interesse de estudo futuro.



### 5.3. REFERÊNCIAS

- [1] Bombas de Calor Geotérmicas vs de Fonte de Ar.  
<https://www.nordicghp.com/2015/01/geothermal-vs-air-source-heat-pumps/>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [2] ENAT - Geotermia. <https://www.enat.pt/geotermia>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [3] Energia Geotérmica. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/energia-geotermica/>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [4] Geotermia: Uma Oportunidade Energética a Ganhar – Observador.  
<https://observador.pt/opiniao/geotermia-uma-oportunidade-energetica-a-ganhar/>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [5] Geotermia o Aerotermia ¿Qué Sistema Elegir? Akiter. <https://www.akiter.com/diferencias-entre-geotermia-y-aerotermia/>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [6] Geotermia vs Aerotermia - Fotocasa. <https://www.fotocasa.es/fotocasa-life/hogar/energia/aerotermia-o-geotermia-5-diferencias-entre-si/>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [7] Geothermal Energy | Enel Green Power. <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/geothermal-energy>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [8] Geothermal Energy in Developing Countries and the MDGs - United Nations University.  
<https://unu.edu/publications/articles/geothermal-energy-in-developing-countries-and-the-mdgs.html>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [9] História Da Energia Geotérmica (e Surgimento Ao Longo Dos Anos) | Conservar Energia No Futuro. <https://www.conserve-energy-future.com/geothermalenergyhistory.php>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [10] Instalação de Sistemas de Bomba de Calor Geotérmica. <https://www.conserve-energy-future.com/geothermalheatpumpinstallation.php>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [11] Larderello, o Valle Do Diabo, e a Exploração de Energia Geotérmica.  
<https://passeiosnatoscana.com/larderello-o-valle-do-diabo-e-a-exploracao-de-energia-geotermica/>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [12] Pesquisa - Nosso Mundo Em Dados. <https://ourworldindata.org/search?q=energy+geotermiy>. Accessed 6 Nov. 2021.
- [13] Suíça é Recordista Em Usinas Geotérmicas - SWI Swissinfo.Ch.  
<https://www.swissinfo.ch/por/suíça-é-recordista-em-usinas-geotérmicas/7864706>. Accessed 6

Nov. 2021.

[14]Tipos de Sistema de Bomba de Calor Geotérmico. <https://www.conserve-energy-future.com/geothermalenergysystemstypes.php>. Accessed 6 Nov. 2021.

[15 ]Vantagens e Desvantagens Das Bombas de Calor Geotérmicas. <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-das-bombas-calor-geotermicas/>. Accessed 6 Nov. 2021.

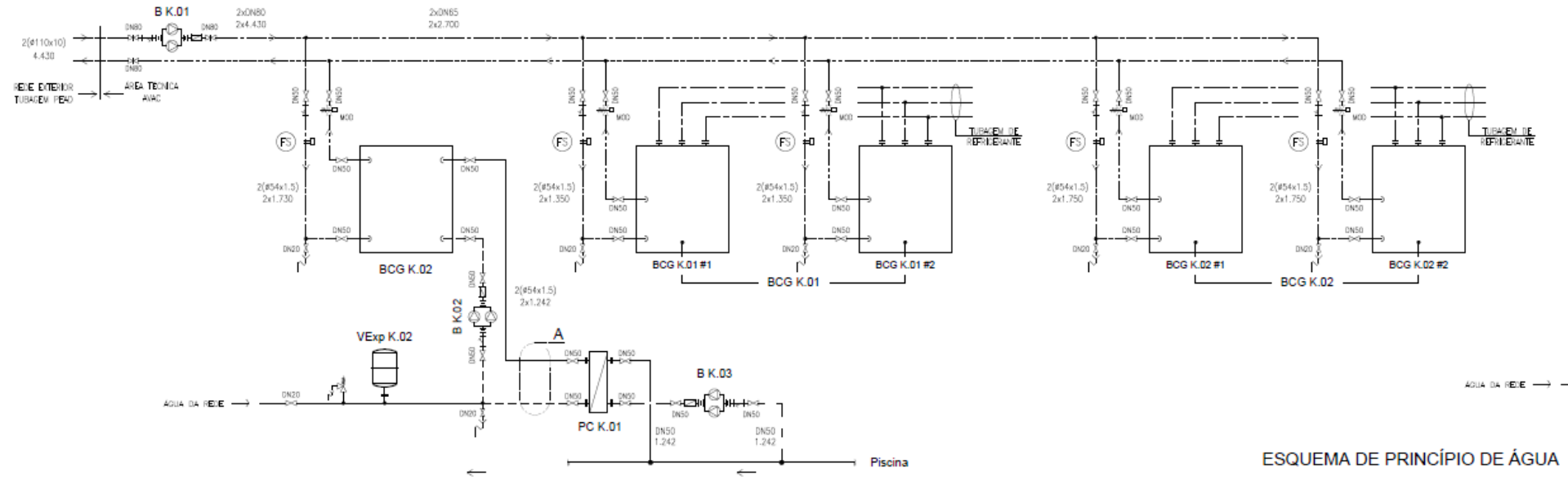
[16] ISO\_FDIS\_17628\_(E).pdf

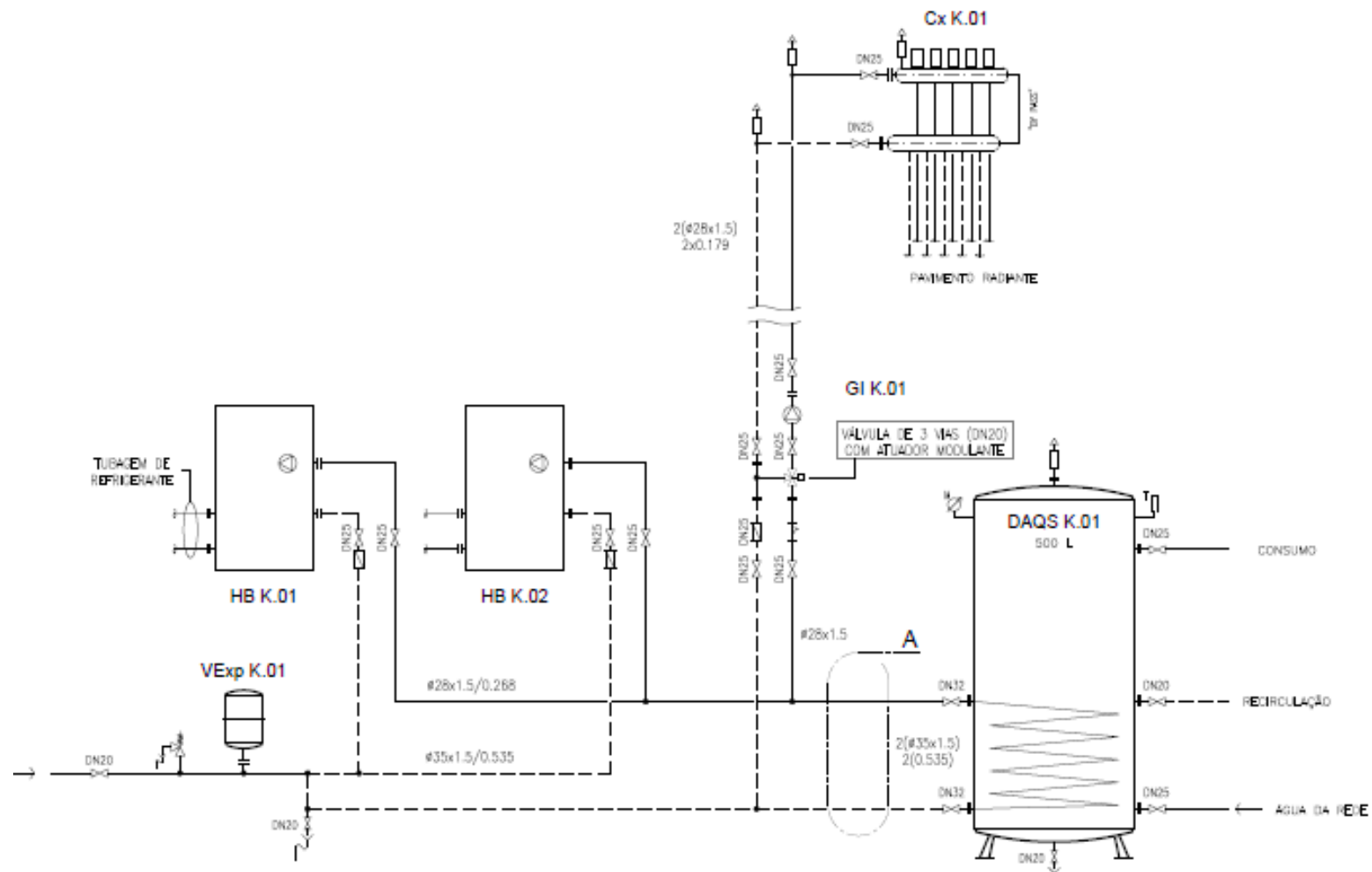
[17] energies-08-12365.pdf

[18] Memória Descritiva do Projeto

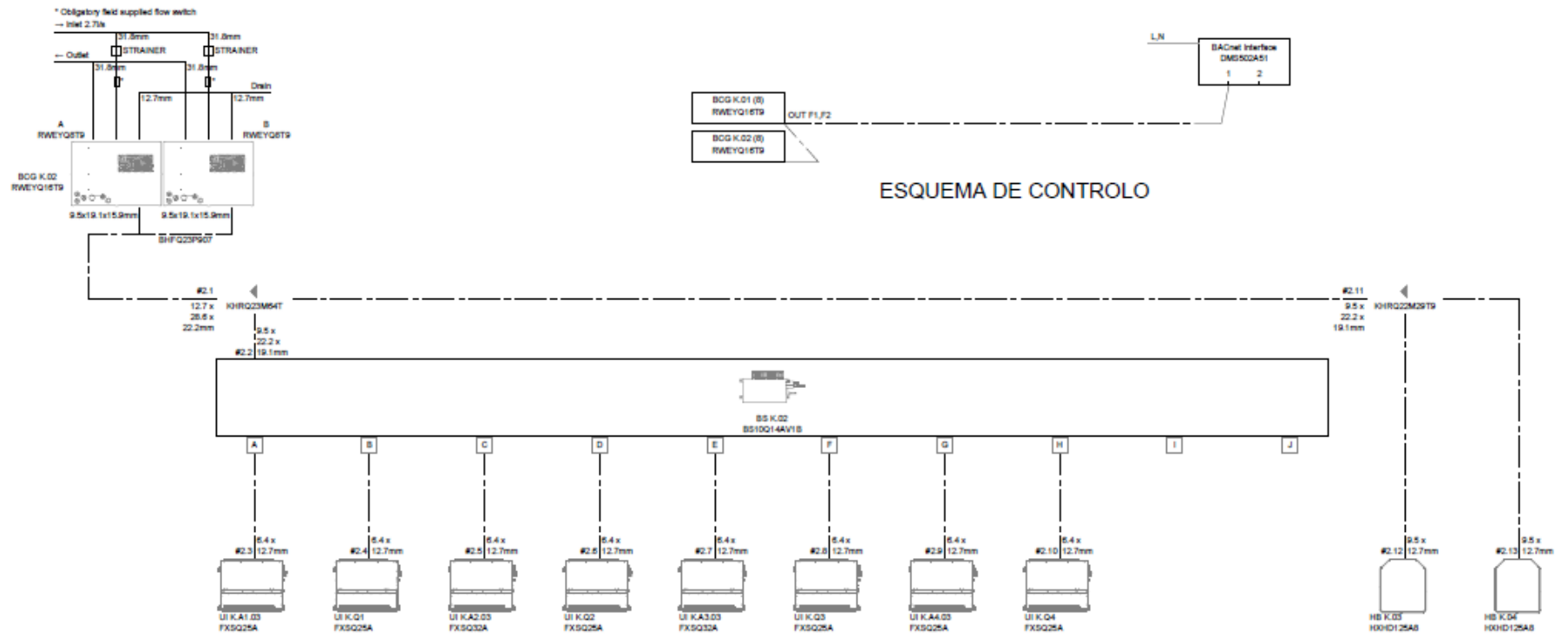
ANEXOS

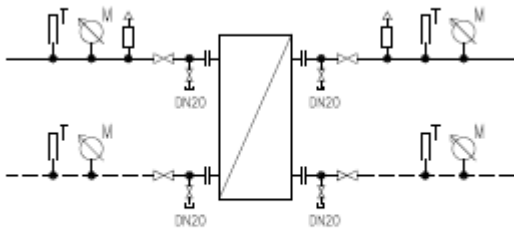
Esquema de Princípio – Villa



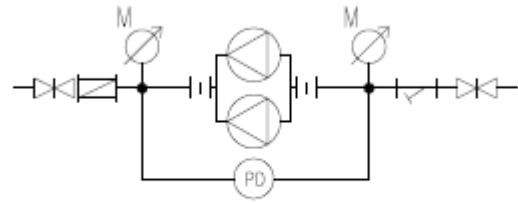


# ESQUEMA DE PRINCÍPIO DE ÁGUA

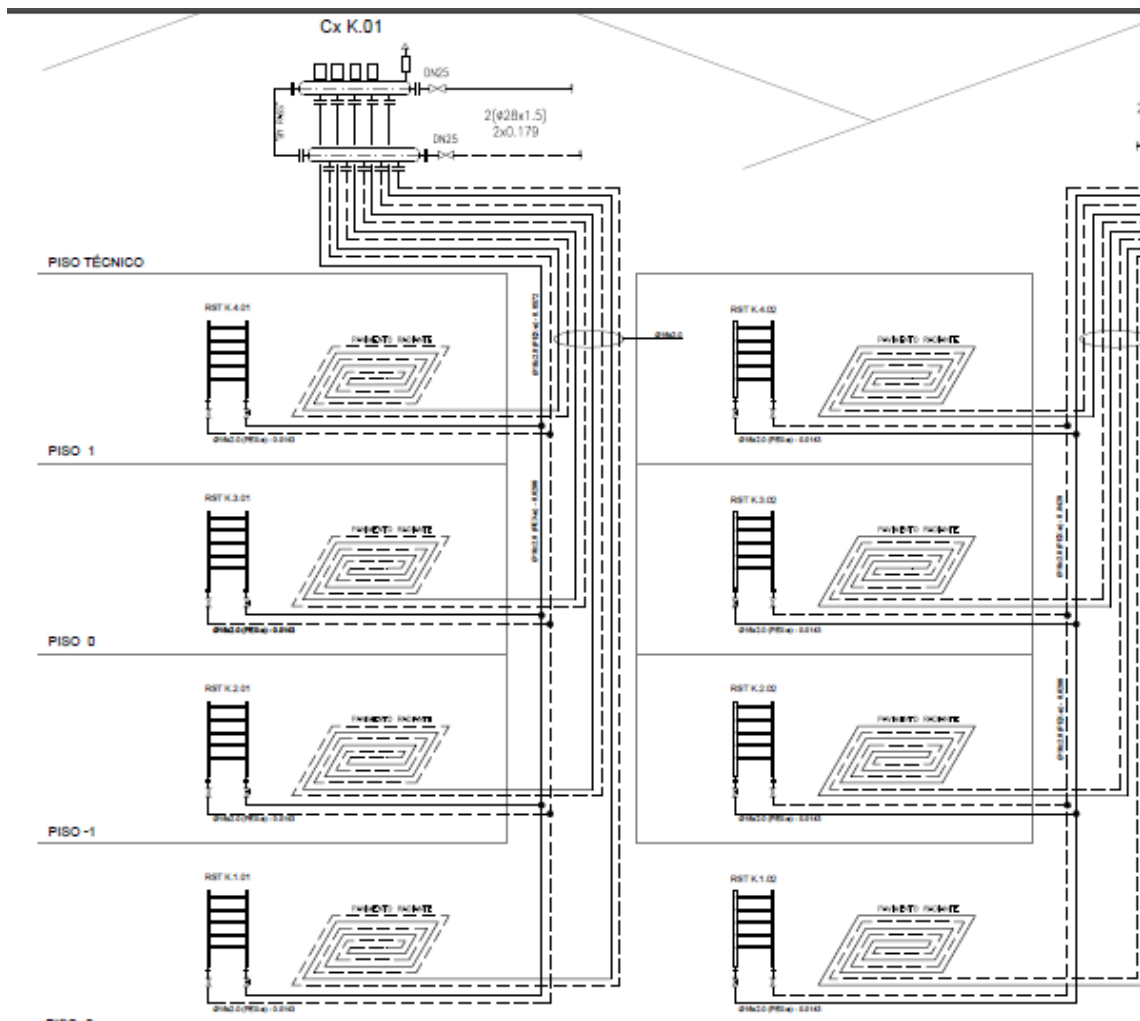




PERMUTADOR DE CALOR



PORMENOR TIPO DE BOMBAS



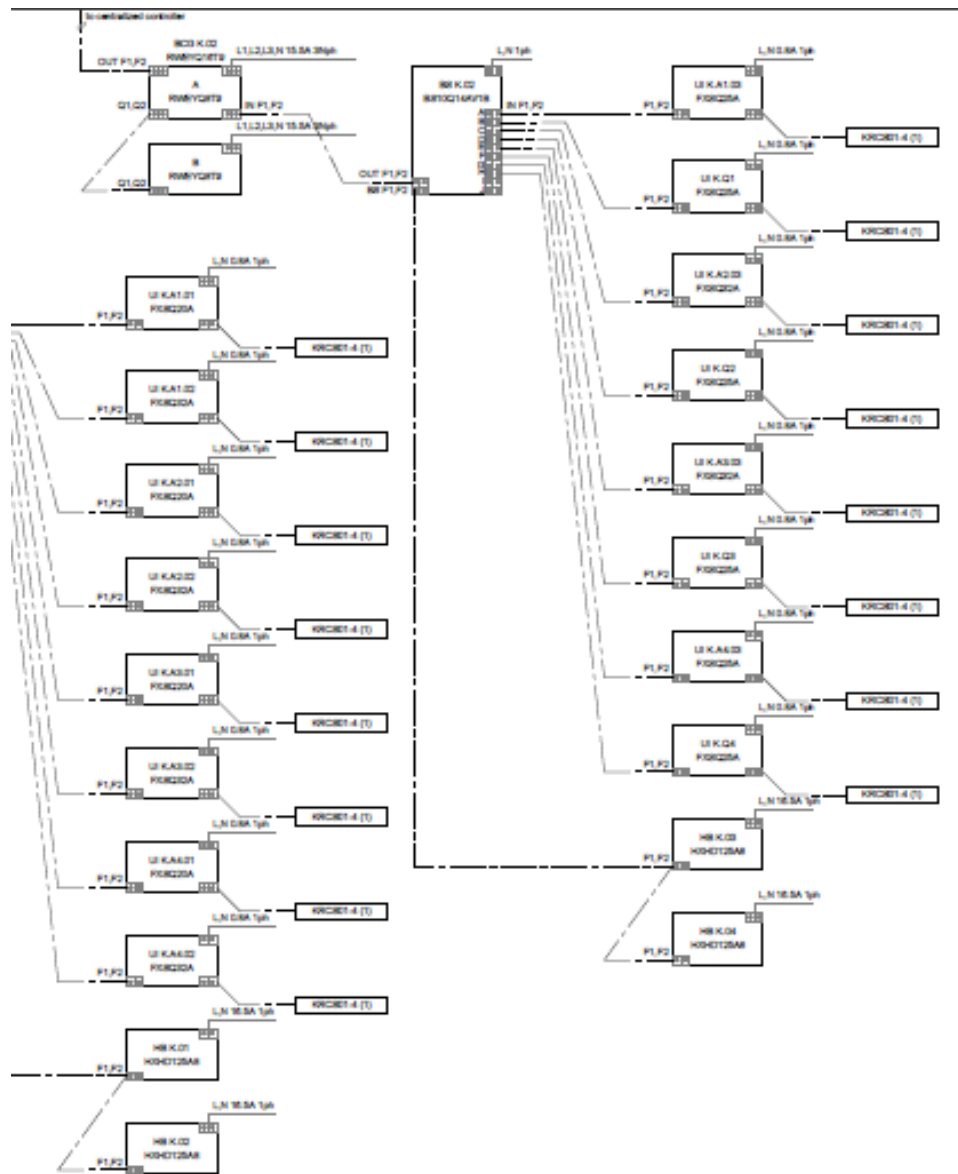
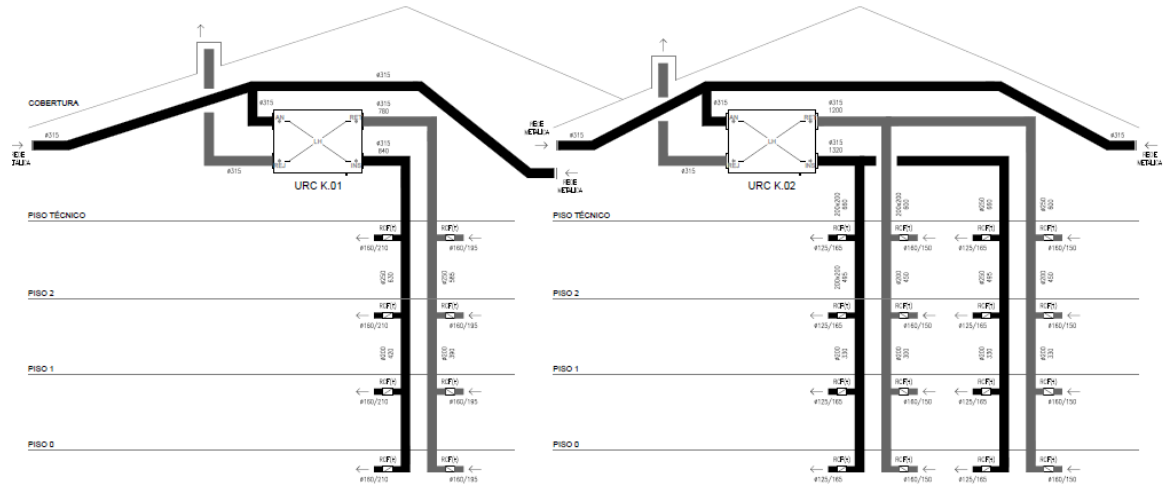
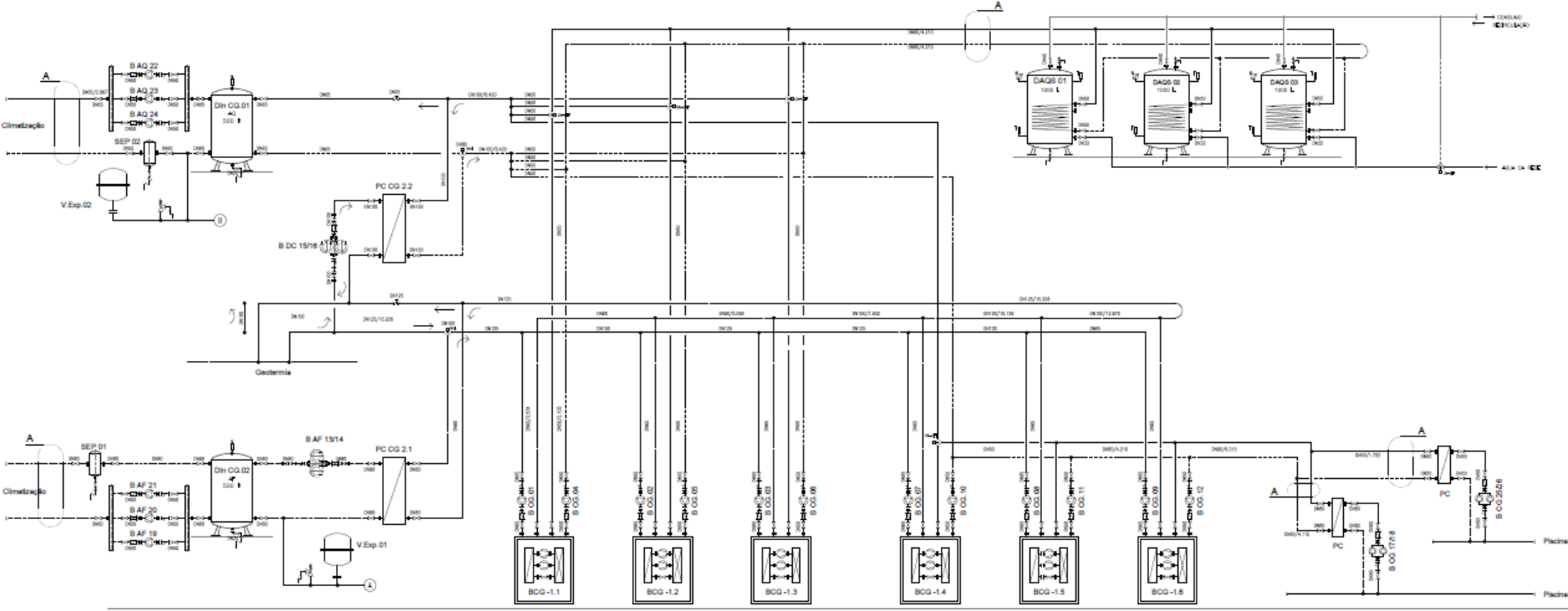
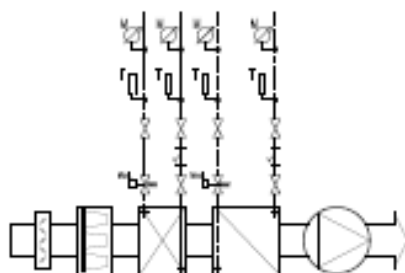


DIAGRAMA DE CONTROL DE VRV

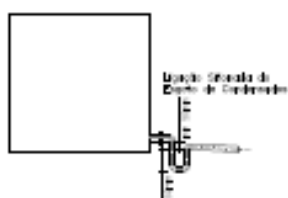
# Esquema Princípio – SPA





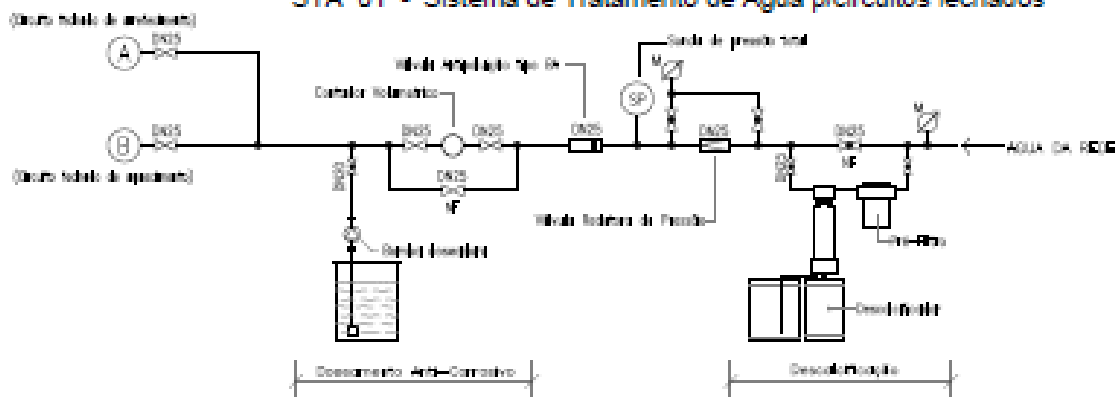


UTAN

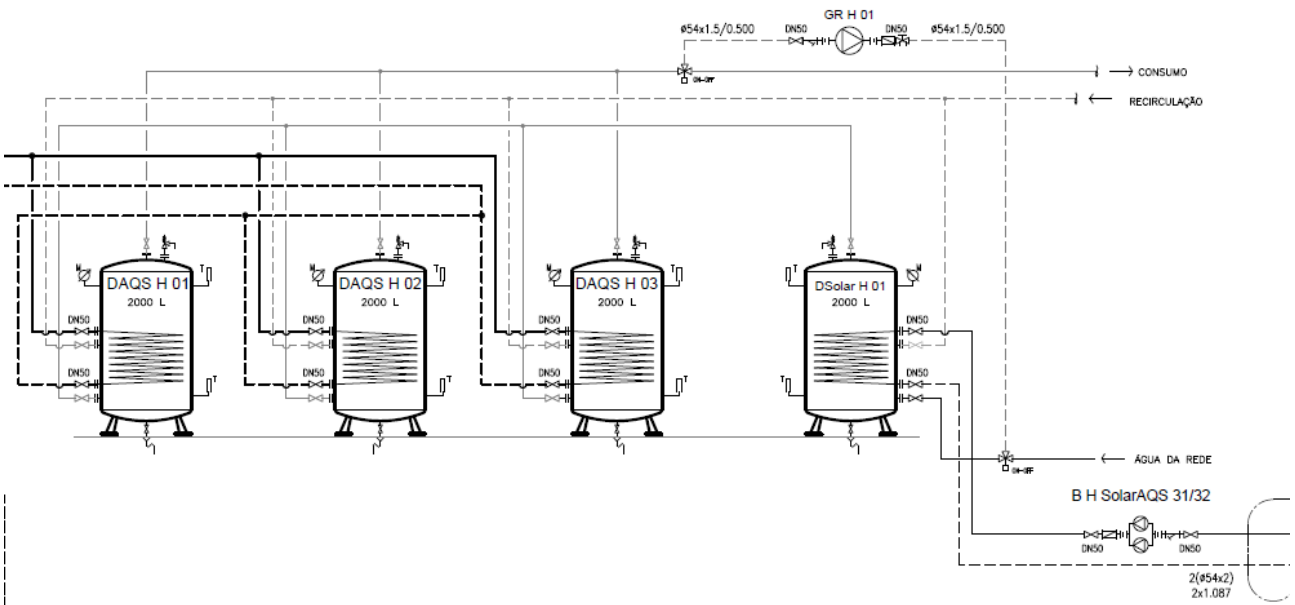
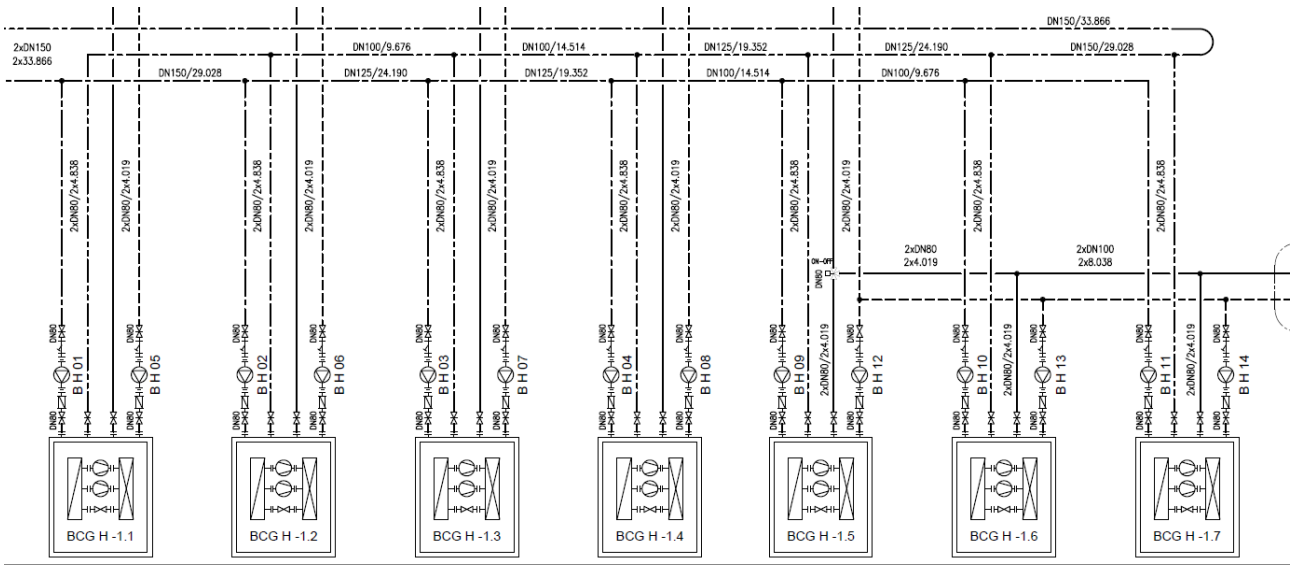


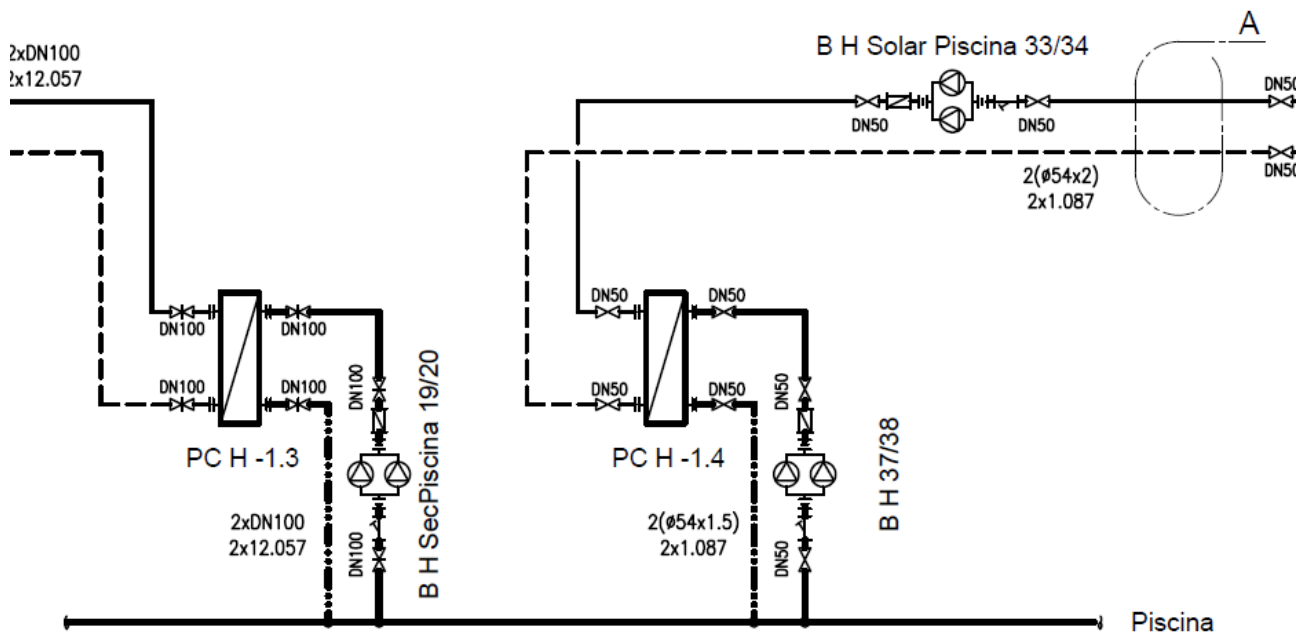
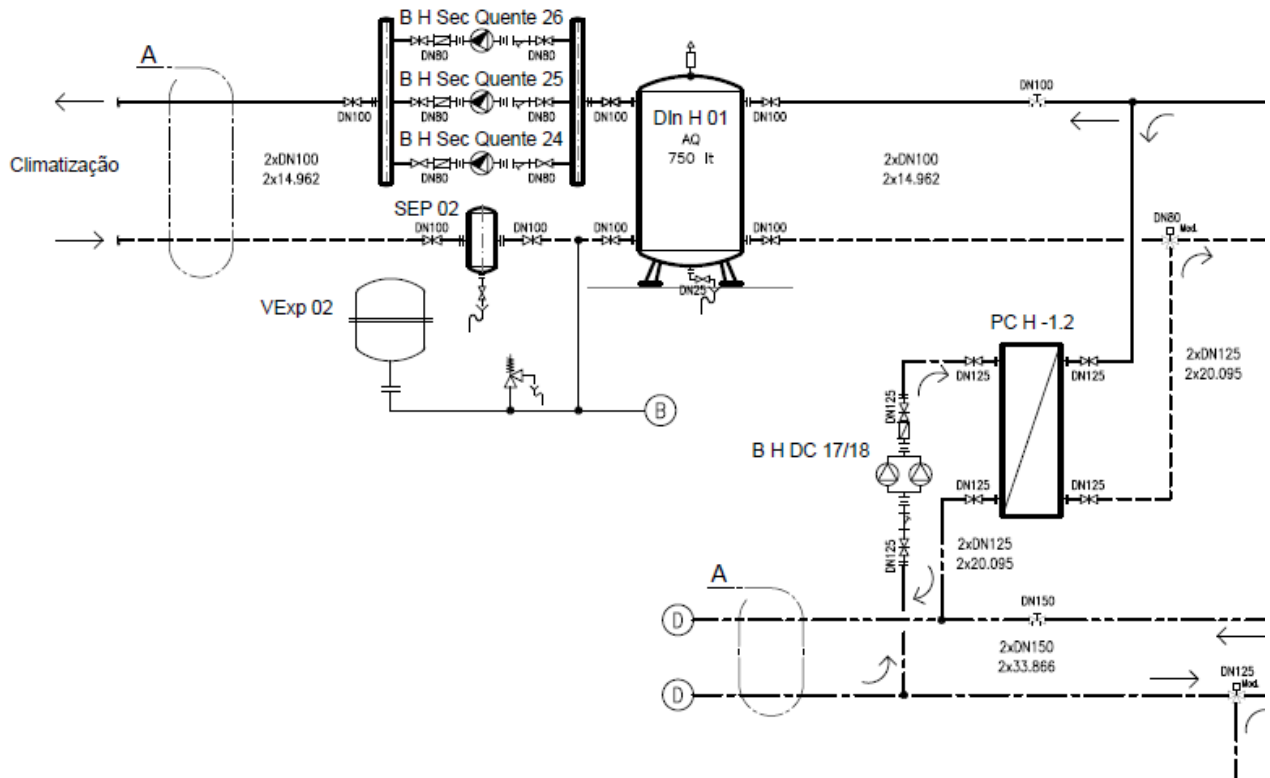
UTAN / UTA

### STA 01 - Sistema de Tratamento de Água p/circuitos fechados



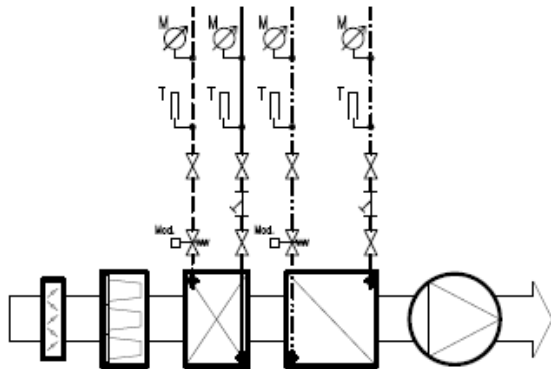
# Esquema Princípio – HOTEL



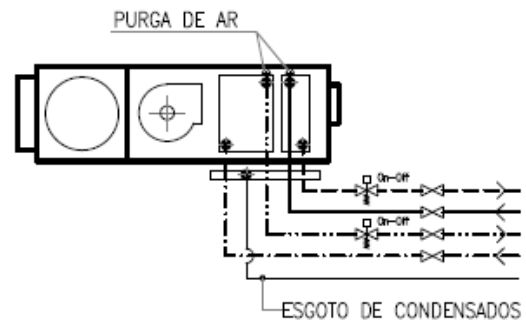


## LIGAÇÕES TIPO DE EQUIPAMENTO

(INCLUIDO APARELHAGEM DE MEDIDA - MANÔMETROS E TERMOMETROS)

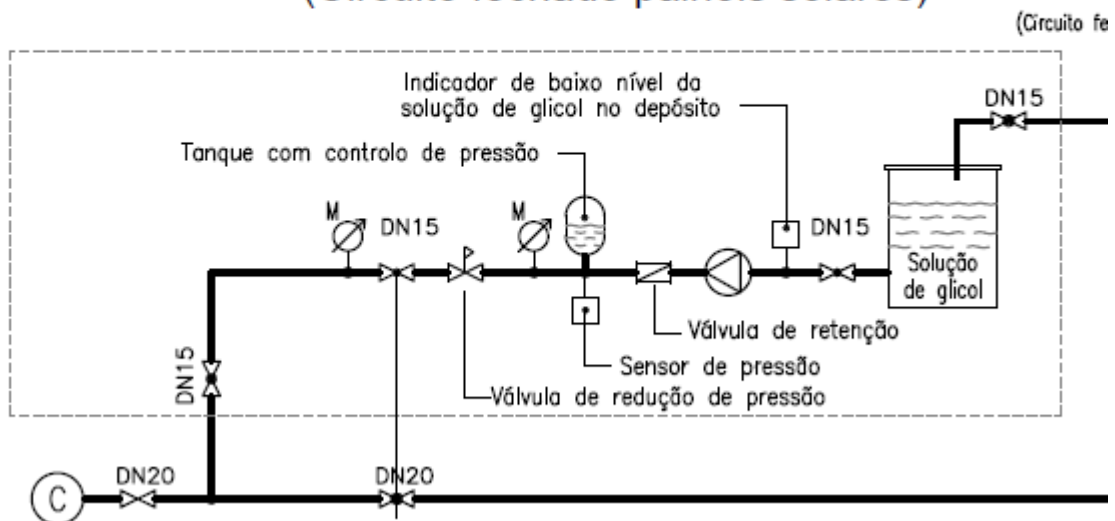


UTAN



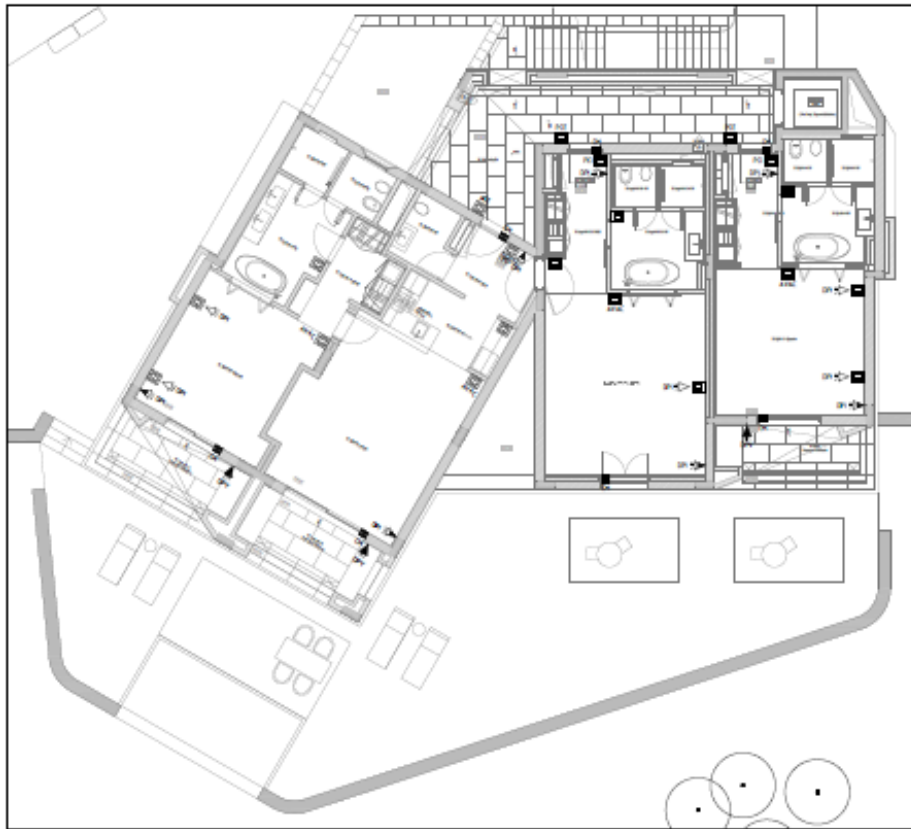
VENTILOCONVECTOR ( 4 TUBOS )

## STA 02 - Sistema de Enchimento de Glicol (Circuito fechado painéis solares)



Circuito Fechado dos Póineis Solares

# Esquema Princípio – GTC



Piso 0

Símbolos	
Ícone	Descrição
	Falhas de Estado E-Linha
	Falhas de Estado-Linha
	Falhas de Estado de Instalação
	Falhas de Estado de Instalação - AVAC
	Detector de Presença Inaldr
	Detector de Presença Inaldr - Inaldr - Inaldr - Inaldr
	Detector de Presença Inaldr
	Controlador Inaldr

Notas	
A localização dos equipamentos, de acordo com o sistema, deve ser indicada no desenho de projeto de arquitetura através de símbolos de coordenação de projeto e precisão de localização de todos os pontos.	

