

AQUECIMENTO DE IGREJAS

CRISTIANO DIOGO MARTINS AZEVEDO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JUNHO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais, Irmão e Namorada

"Que o calor da alma aqueça nossos corações em dias de Inverno"

Roger Campos

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação representa o fim de uma etapa de alguns anos de trabalho. Gostaria de agradecer a todos os que me ajudaram na realização desta, no entanto, irei destacar pessoas importantes para o bom desenvolvimento da dissertação.

Ao meu orientador, Professor Vasco Freitas, que me prestou todo o apoio sempre que necessário e me orientou num bom caminho. A sua confiança e a sua motivação que me passou ao longo das sessões também contribuíram para a concretização desta dissertação.

Aos meus pais e ao meu irmão que sempre me apoiaram e deram força para concluir este curso.

À minha namorada Rita que ajudou na procura interminável das igrejas do Porto.

À minha amiga Ana Cristina pela informação que me disponibilizou de forma a fazer a dissertação com fontes de informação diversificadas.

Aos meus amigos do Porto e de Vila do Conde que ao longo desta etapa da faculdade contribuíram para que tivesse diversos momentos; momentos de diversão, momentos de estudo e muitos outros.

RESUMO

Em Portugal existem cerca de 4700 igrejas e este tipo de edifício é destinado ao culto pelo que é fundamental atingir as condições de conforto para facilitar a concentração dos utilizadores pelo que neste trabalho será refletido o aquecimento de igrejas.

O conforto térmico é um conceito abstrato, porque depende de fatores ambientais (temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiante média e a velocidade do ar) e fatores dependentes do Homem, como por exemplo: o seu metabolismo, a temperatura da pele e o vestuário. Nesta dissertação apenas iremos abordar a temperatura. Segundo alguns autores a temperatura de conforto é de 20°C. Tendo em consideração esta temperatura de conforto analisamos o panorama do clima interior de duas igrejas do norte de Portugal. As igrejas não são aquecidas e foram considerados os registos horários das temperaturas dessas igrejas. Nas duas igrejas chegamos à conclusão que a temperatura é claramente inferior à de conforto e ronda os 14°C.

Para se compreender a necessidade de melhorar o conforto nas igrejas foi realizado um inquérito aos padres da vigararia de Trofa/ Vila do Conde da diocese do Porto. Com os inquéritos concluímos que a maioria dos padres considera necessário o aquecimento, mas que não há recursos para instalar e manter o sistema de aquecimento. Adicionando também o desconhecimento do investimento financeiro necessário para a instalação e manutenção dos diversos sistemas de aquecimento torna a aquisição de algum sistema de aquecimento mais difícil.

Os sistemas de aquecimento existentes no mercado são diversos, no entanto apenas alguns são recomendados para igrejas. Os sistemas em análise nesta presente dissertação foram o ar condicionado, radiador, pavimento radiante, infravermelho, ventiloconvectores, aquecimento de assentos. Foram avaliados usando os critérios a temperatura atingida em altura, a manutenção necessária e a integração arquitetónica. No entanto, não foi possível chegar à conclusão do melhor sistema, pois é desconhecido o investimento inicial necessário para cada sistema de aquecimento e é desconhecido a eficiência dos diversos sistemas de aquecimento.

Tendo em atenção a experiência de aquecimento de igrejas noutros países avaliou-se as consequências de instalação de sistemas na flutuação da temperatura, variação da humidade relativa, variações dimensionais dos objetos de madeira e órgãos. O aquecimento de igrejas gera patologias higrotérmicas que foram estudadas nesta dissertação.

Finalmente, propôs-se uma plataforma de conhecimento com base nas tecnologias de informação que permite o registo da informação dos sensores instalados em igrejas, de forma a avaliar o risco de patologias e o conforto dos ocupantes.

PALAVRAS-CHAVE: igrejas; conforto térmico; clima interior; sistemas de aquecimento; patologias; sistema de monitorização

ABSTRACT

In Portugal there are about 4700 churches and this type of building is intended for worship so it is crucial to reach the comfort conditions to facilitate the concentration of users for which this work will be reflected heating churches.

Thermal comfort and a concept abstract, because depends on environmental factors (air temperature, relative humidity, radiant temperature means and the air speed) and dependent human factors, such as your metabolism , skin temperature and your clothing . In this thesis we will only address the temperature. According to some authors the comfort temperature is 20° C. Taking into account this comfort temperature analyzed the panorama of the interior climate in two churches in northern Portugal. The two churches are not heated and were considered the records schedules of the temperatures of these churches. In the two churches we arrived to the conclusion that the temperature is clearly inferior will comfort and round 14°C.

To understand the need to improve comfort in the churches was conducted to the vicariate of priests Trofa\ Vila do Conde diocese of Porto. With the inquiries concluded that most priests considered necessary heating, but there are no resources to install and maintain the heating system. Adding also ignorance of financial investment required for the installation and maintenance of many heating systems makes the acquisition of a harder heating system.

Existing heating systems on the market are many, but only a few are recommended for churches. The systems analysis in this present work were the air conditioning, radiator, underfloor heating, infrared, fan coils, seat heating. They were evaluated using the criteria the temperature reached in time, the necessary maintenance and architectural integration. However, it was not possible to reach the conclusion the best system because it is unknown the initial investment required for each heating system and it is unknown the efficiency of various heating systems.

Taking into account the heating churches experience elsewhere we evaluated the consequences systems installation in the fluctuation of temperature, humidity variation, dimensional variations of the timber objects and organs. The heating churches generates hygrothermal pathologies that were studied in this dissertation.

Finally, proposed is a knowledge platform based on information technology which allows recording of information sensors installed at churches, in order to evaluate the risk of pathologies and occupant comfort.

KEY-WORDS: churches, thermal comfort, indoor climate; heating systems; pathologies ; monitoring system

ÍNDICE GERAL

| | |
|--|-----------|
| AGRADECIMENTOS | i |
| RESUMO | III |
| ABSTRACT | v |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 1 |
| 1.2. OBJETIVOS DESTA DISSERTAÇÃO | 2 |
| 1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO | 2 |
| | |
| 2. CONFORTO EM IGREJAS E A REALIDADE PORTUGUE- SA | 5 |
| 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 5 |
| 2.2. CONFORTO TÉRMICO | 5 |
| 2.3. FATORES QUE INFLUENCIAM O CONFORTO | 7 |
| 2.3.1 FATORES PRÓPRIOS DE CADA INDIVÍDUO. | 7 |
| 2.3.2. FATORES AMBIENTAIS | 9 |
| 2.4. CONDIÇÕES DE CONFORTO EM IGREJAS | 10 |
| 2.5. PANORAMA DAS IGREJAS PORTUGUESAS..... | 11 |
| 2.5.1. QUANTIFICAÇÃO DAS IGREJAS PORTUGUESAS..... | 11 |
| 2.5.2. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA INTERIOR DAS IGREJAS PORTUGUESAS | 15 |
| 2.5.2.1. Caso A..... | 18 |
| 2.5.2.2. Caso B..... | 20 |
| 2.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO | 24 |
| | |
| 3. IMPORTÂNCIA DO AQUECIMENTO EM PORTUGAL | 25 |
| 3.1. INTRODUÇÃO | 25 |
| 3.2. INQUÉRITO REALIZADO..... | 25 |
| 3.3. INTERPRETAÇÃO DOS INQUÉRITOS REALIZADOS | 28 |
| 3.3.1. SENSAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO E A NECESSIDADE DE MELHORIA DA TEMPERATURA DA IGREJA. | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2. TIPO DE PAVIMENTO E IMPORTÂNCIA DA NATUREZA DO REVESTIMENTOS NA SENSAÇÃO DE PÉS FRIOS. | 30 |
| 3.3.3. EXISTÊNCIA DE AQUECIMENTO E POSSIBILIDADE DA SUA COLOCAÇÃO | 32 |
| 3.3.4. EXISTÊNCIA DE RECURSOS PARA INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO..... | 34 |
| 3.3.5. IDENTIFICAÇÃO DAS OBRAS REALIZADAS NOS ÚLTIMOS ANOS | 35 |
| 3.3.6. IMPORTÂNCIA DADA PELO CLERO AO AQUECIMENTO DE IGREJAS | 37 |
| 3.4. ANÁLISE CRÍTICA | 38 |
| | |
| 4. SISTEMAS DE AQUECIMENTO | 41 |
| 4.1. INTRODUÇÃO | 41 |
| 4.2. AR CONDICIONADO | 42 |
| 4.2.1. O SISTEMA..... | 42 |
| 4.2.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO | 42 |
| 4.2.3. MODELOS DE AR CONDICIONADO..... | 43 |
| 4.2.4. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO | 43 |
| 4.2.5. VANTAGENS E DESVANTAGENS | 44 |
| 4.3. RADIADORES..... | 45 |
| 4.3.1. O SISTEMA..... | 45 |
| 4.3.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO | 45 |
| 4.3.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS | 46 |
| 4.4. PAVIMENTO RADIANTE..... | 47 |
| 4.4.1. O SISTEMA..... | 47 |
| 4.4.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO | 47 |
| 4.4.3. MODELOS DE PAVIMENTO RADIANTE | 48 |
| 4.4.3.1. Pavimento radiante a ar | 48 |
| 4.4.3.2. Pavimento radiante elétrico | 49 |
| 4.4.3.3. Pavimento radiante hidráulico | 50 |
| 4.4.4. TIPOS DE ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE | 51 |
| 4.4.5. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO | 53 |
| 4.4.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS | 53 |
| 4.5. AQUECIMENTO POR INFRAVERMELHO | 54 |
| 4.5.1. O SISTEMA..... | 54 |
| 4.5.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO | 55 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.3. MODELOS DE AQUECIMENTO INFRAVERMELHO | 55 |
| 4.5.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS | 56 |
| 4.6. VENTILOCONVECTORES LOCAIS..... | 57 |
| 4.6.1. O SISTEMA | 57 |
| 4.6.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO | 57 |
| 4.6.3. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO | 59 |
| 4.6.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS | 59 |
| 4.7. AQUECIMENTO PELOS ASSENTOS | 60 |
| 4.7.1. O SISTEMA | 60 |
| 4.7.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO | 60 |
| 4.7.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS | 60 |
| 4.8. ANÁLISE CRÍTICA | 61 |
| 4.8.1. TEMPERATURA ATINGIDA EM ALTURA..... | 63 |
| 4.8.2. MANUTENÇÃO NECESSÁRIA | 64 |
| 4.8.3. INTEGRAÇÃO ARQUITETÓNICA..... | 65 |
| 4.8.4. ANÁLISE FINAL DOS DIVERSOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO..... | 66 |
| | |
| 5. CONSEQUÊNCIAS DO DESEMPENHO HIGROTÉRMICO ASSOCIADAS AO AQUECIMENTO DE IGREJAS..... | 69 |
| 5.1. INTRODUÇÃO..... | 69 |
| 5.2. CARATERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS DE IGREJAS AQUECIDAS..... | 69 |
| 5.3. ALTERAÇÃO DO PONTO DE ORVALHO DE IGREJAS COM E SEM AQUECIMENTO..... | 72 |
| 5.4. MUDANÇA DE HUMIDADE RELATIVA COM O EFEITO DO AQUECIMENTO | 74 |
| 5.5. VARIAÇÃO DIMENSIONAL DA MADEIRA | 77 |
| 5.6. EFEITO DO AQUECIMENTO NOS ÓRGÃOS MONUMENTAIS..... | 78 |
| 5.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO | 81 |
| | |
| 6. IMPORTÂNCIA DA MONITORIZAÇÃO DO CLIMA INTERIOR DAS IGREJAS | 83 |
| 6.1. INTRODUÇÃO..... | 83 |
| 6.2. MODELOS DE MONITORIZAÇÃO | 83 |
| 6.3. TIPOS DE EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA | 85 |
| 6.4. LOCALIZAÇÃO DOS SENSORES DE MEDIÇÃO | 87 |

| | |
|--|-----------|
| 6.5. PERFIS DE TEMPERATURAS E HUMIDADES RELATIVAS | 93 |
| 6.6. PLATAFORMA DO CONHECIMENTO BASEADA NAS TIC | 97 |
| 6.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO | 98 |

| | |
|--|------------|
| 7. CONCLUSÃO..... | 99 |
| 7.1. SÍNTESE DAS CONCLUSÕES OBTIDAS | 99 |
| 7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS | 100 |

| | |
|---|------------|
| Referências Bibliográficas | 101 |
|---|------------|

ANEXO I – LISTA DE IGREJAS DO DISTRITO DO PORTO FORMADA ATRAVÉS DE INFORMAÇÃO DISPONIBILIZADA PELOS SITES DAS JUNTAS DE FREGUESIA E CONFIRMADA PELOS SITES DAS CÂMARAS MUNICIPAIS

ANEXO II – INQUÉRITO REALIZADO AOS PADRES DA VIGARARIA TROFA/ VILA DO CONDE

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Fig. 2.1 - Balança térmica para atingir o conforto térmico [11] | 6 |
| Fig. 2.2 - Esquema de ventilação natural de uma igreja [7]..... | 6 |
| Fig. 2.3 - Mecanismos de transferência de energia no ser humano [8]..... | 8 |
| Fig. 2.4 - Fatores próprios de cada individuo que afetam o seu conforto térmico, adaptado de [13]..... | 9 |
| Fig. 2.5 - Fatores ambientais que afetam o conforto térmico, adaptado de [13] | 9 |
| Fig. 2.6 - As correntes convectivas (inverno) e a estratificação da temperatura (verão), adaptado de [14]..... | 11 |
| Fig. 2.7 - Dioceses de Portugal divididas nas três províncias [15] | 12 |
| Fig. 2.8 - Zonas climáticas de inverno em Portugal Continental [17]..... | 16 |
| Fig. 2.9 - Número de igrejas em cada parte do país, adaptado de [18]..... | 17 |
| Fig. 2.10 - Localização das igrejas em estudo, adaptado de [18]..... | 17 |
| Fig. 2.11 - Temperaturas médias diárias do exterior ao longo dos 4 meses de recolha [6] | 18 |
| Fig. 2.12 - Temperaturas médias diárias do interior ao longo dos 4 meses de recolha [6]..... | 18 |
| Fig. 2.13 - Temperaturas médias interiores e exteriores ao longo dos 4 meses de recolha [6]..... | 19 |
| Fig. 2.14 - Temperatura média interior e exterior ao longo dos 4 meses de recolha [6] | 20 |
| Fig. 2.15 - Evolução da temperatura do dia 1 de abril de 2014 até ao dia 31 de dezembro de 2015...21 | |
| Fig. 2.16 - Evolução da temperatura desde novembro de 2014 até fevereiro de 2015..... | 22 |
| | |
| Fig. 3.1 - Cabeçalho do inquérito realizado | 26 |
| Fig. 3.2 - Perguntas 1 e 2 do inquérito realizado | 26 |
| Fig. 3.3 - Perguntas 3, 4 e 5 do inquérito realizado | 27 |
| Fig. 3.4 - Pergunta 6 do inquérito realizado | 27 |
| Fig. 3.5 - Pergunta 6a) e 6b) do inquérito realizado..... | 27 |
| Fig. 3.6 - Pergunta 7) do inquérito realizado | 28 |
| Fig. 3.7 - Pergunta 8), 9) e 10) do inquérito realizado | 28 |
| Fig. 3.8 - Sensação de conforto no interior da igreja | 29 |
| Fig. 3.9 - Alteração da temperatura atual da igreja | 30 |
| Fig. 3.10 - Tipo de pavimento nas igrejas | 31 |
| Fig. 3.11 - Sensação de conforto nos pés no interior da igreja | 31 |
| Fig. 3.12 - Importância do revestimento do pavimento na sensação de pés frios..... | 32 |
| Fig. 3.13 - Existência de aquecimento nas igrejas da vigararia Trofa/ Vila do Conde | 33 |
| Fig. 3.14 - Opinião sobre a colocação de aquecimento, caso este não exista..... | 33 |
| Fig. 3.15 - Existência de recursos para instalar algum sistema de aquecimento | 34 |

| | |
|--|----|
| Fig. 3.16 - Existência de recursos para manter o sistema de aquecimento | 35 |
| Fig. 3.17 - O tema aquecimento de igrejas foi abordados em alguma reunião diocesana..... | 38 |
| | |
| Fig. 4.1 - Sistema de ar condicionado [38] | 42 |
| Fig. 4.2 - Modelos de ar condicionado, adaptado de [37] | 43 |
| Fig. 4.3 - Igreja de Blumenau (Brasil) [39]..... | 44 |
| Fig. 4.4 - Tipos de sistema em bi-tubo, adaptado de [30] | 45 |
| Fig. 4.5 - Sistemas de mono-tubo ou Tiechermann, adaptado de [30] | 46 |
| Fig. 4.6 - Distribuição do calor numa igreja através de um radiador..... | 46 |
| Fig. 4.7 - Mecanismos de transferência de energia, dados obtidos de [21]..... | 47 |
| Fig. 4.8 - Estratificação da temperatura com o pavimento radiante [40]..... | 48 |
| Fig. 4.9 - Esquema da tubagem do pavimento radiante a ar [20] | 49 |
| Fig. 4.10 - Esquema do pavimento radiante elétrico por resistências (esquerda) e película de carbono (direita) [41 e 42]..... | 49 |
| Fig. 4.11 - Sistema de controlo da temperatura do pavimento radiante elétrico, adaptado de [44] | 50 |
| Fig. 4.12 - Esquema de um pavimento radiante hidráulico, adaptado de [45]..... | 51 |
| Fig. 4.13 - Pavimentos e suas componentes: a) carpete, b) madeira e c) cerâmico, adaptado [43].... | 51 |
| Fig. 4.14 - Avaliação do conforto dos revestimentos através da termografia, adaptado de [46] | 52 |
| Fig. 4.15 - Corte de um pavimento radiante hidráulico, adaptado de [19] | 53 |
| Fig. 4.16 - Espectro visível [48] | 55 |
| Fig. 4.17 - Temperaturas provocadas por aquecimento infravermelho [48] | 55 |
| Fig. 4.18 - Aquecimento por infravermelho de cerâmico [49] | 56 |
| Fig. 4.19 - Aquecimento por infravermelho de quartzo [47] | 56 |
| Fig. 4.20 - Exemplos de ventiloconvectores, adaptado de [33]..... | 58 |
| Fig. 4.21 - Esquema de ventilação de um ventiloconvetor | 59 |
| Fig. 4.22 - Aquecimento dos bancos do tipo almofada na Sé de Viseu [50]..... | 60 |
| Fig. 4.23 - Funcionamento do aquecimento dos bancos por módulos: a) domingos, b) dias da semana e c) desligado, adaptado de [24] | 61 |
| Fig. 4.24 - Sistemas de aquecimento organizados por mecanismo de transferência de energia | 62 |
| Fig. 4.25 - Temperatura causada em altura pelos diversos sistemas de aquecimento, adaptado de [51] | 63 |
| Fig. 4.26 - Temperaturas efetivas do corpo provocadas por alguns tipos de aquecimento, adaptado de [52] | 64 |
| | |
| Fig. 5.1 – Interior e localização da igreja de St. Martinus em Weert [55]..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Fig. 5.2 - Características da igreja de St. Martinus não sujeita ao aquecimento [10] | 71 |
| Fig. 5.3 - Temperaturas e pressões de vapor na igreja de St. Martinus com aquecimento [10] | 72 |
| Fig. 5.4 - Cálculo do ponto de orvalho através do diagrama psicrométrico [10] | 73 |
| Fig. 5.5 - Comparação das temperaturas de orvalho e superficial com aquecimento e sem aquecimento [10]..... | 74 |
| Fig. 5.6 – Localização da igreja de Walloon em Delft..... | 75 |
| Fig. 5.7 - Gráfico das temperaturas medidas na frente do órgão monumental de Wallon [10] | 76 |
| Fig. 5.8 - Gráfico das humidades relativas registadas na frente do órgão monumental de Wallon [10] | 76 |
| Fig. 5.9 - Evolução da madeira após ser exposta a um ambiente húmido estando inicialmente seca, adaptado de [59] | 77 |
| Fig. 5.10 - Curva típica da humidade contida na madeira [10] | 78 |
| Fig. 5.11 - Direções que a madeira pode assumir na sua variação dimensional [10] | 78 |
| Fig. 5.12 - Órgão monumental de Braga (esquerda) e de Vila Real (direita) [60] | 79 |
| Fig. 5.13 - Foles do órgão monumental da igreja de Walloon [10] | 80 |
| Fig. 5.14 - Estrutura base de madeira do órgão monumental [10] | 80 |
| Fig. 5.15 - Encaixe da gaveta do vento do órgão monumental [10] | 81 |
| | |
| Fig. 6.1 - Sistema de monitorização por cabo..... | 84 |
| Fig. 6.2 - Sistema de monitorização por wireless | 85 |
| Fig. 6.3 - Termohigrógrafo (registra temperatura e humidade relativa) [70] | 86 |
| Fig. 6.4 - Higrómetro analógico [72] | 86 |
| Fig. 6.5 - Datalogger [71]..... | 87 |
| Fig. 6.6 - Fotografia da igreja de São Cristóvão em Lisboa [67]..... | 87 |
| Fig. 6.7 - Esquema da igreja de S. Mamede de Vila Chã | 89 |
| Fig. 6.8 - Localização dos sensores destinados às esculturas nos altares laterais | 90 |
| Fig. 6.9 - Localização dos sensores relativos às esculturas na capela mor (esquerda) e no corpo principal da igreja (direita) | 90 |
| Fig. 6.10 - Localização dos sensores de monitorização do conforto térmico | 91 |
| Fig. 6.11 - Localização dos sensores de monitorização | 92 |
| Fig. 6.12 - Localização dos sensores de monitorização que avaliam o conforto térmico..... | 92 |
| Fig. 6.13 - Evolução da temperatura e humidade interior, exterior e no desvão da cobertura entre 01/11/2012 e 16/07/2013 [67] | 93 |
| Fig. 6.14 - Evolução da temperatura e humidade nos sensores colocados no centro da nave [67] | 94 |
| Fig. 6.15 - Evolução da temperatura e humidade ao longo de uma coluna vertical [67] | 94 |

| | |
|---|----|
| Fig. 6.16 - Gráficos de temperaturas e humidades ao longo de cortes longitudinais a 3,90 metros (cima) e a 5,30 metros (baixo) [67] | 95 |
| Fig. 6.17 - Mapeamento horizontal de temperaturas (esquerda) e de humidades (direita) a 2,85m de altura [67]..... | 96 |
| Fig. 6.18 - Representação tridimensional de temperaturas (esquerda) e de humidade (direita) [67]... | 96 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Caraterísticas das dioceses de Portugal, adaptado de [16] | 12 |
| Tabela 2.2 – Número de igrejas por distrito/ arquipélago, adaptado do sistema de informação..... | 14 |
| Tabela 2.3 – Temperaturas caraterísticas do mês de outubro de 2015 | 23 |
| Tabela 2.4 – Temperaturas caraterísticas do mês de novembro de 2015 | 23 |
| Tabela 2.5 – Temperaturas caraterísticas do mês de dezembro de 2015..... | 23 |
| | |
| Tabela 3.1 – Últimas obras realizadas nas paróquias da vigararia Trofa/ Vila do Conde..... | 35 |
| | |
| Tabela 4.1 – Manutenções necessárias dos diversos sistemas de aquecimento | 64 |
| Tabela 4.2 – Alterações arquitetónicas das igrejas provocadas pelos sistemas de aquecimento | 65 |
| Tabela 4.3 – Tabela síntese de avaliação dos sistemas de aquecimento | 66 |

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

Θ_{po} – Temperatura Ponto de Orvalho

$\Theta_{interior}$ – Temperatura interior da igreja

ASHRAE – Sociedade americana de engenheiros do aquecimento, refrigeração e ar condicionado

CIBSE – Instituto de engenheiros de construção de edifícios

TIC – Tecnologias de informação e comunicação

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“Igreja” é uma palavra de origem grega escolhida pelos autores da bíblia para traduzir o termo hebraico usado pelos judeus para designar a assembleia geral do povo reunido ao apelo de Moisés. Na atualidade, as igrejas têm como objetivo principal isso mesmo, reunir os participantes do culto católico. Estas reuniões periódicas surgem com o intuito de transmitir a cultura da Igreja ao seu povo, através de momentos de oração e canto. Para estes momentos acontecerem em pleno, é necessário que os participantes do culto estejam termicamente confortáveis para absorverem melhor a mensagem que lhes está a ser passada.

Os processos de construção das igrejas têm sofrido alterações ao longo dos tempos, dependente do país e do ano em que eram construídas. Este estudo é feito para igrejas com plantas retangulares constituídas por nave, transepto e capela mor. A nave é a parte do edifício onde a assembleia se instala, o transepto corresponde aos “braços” do edifício da igreja e a capela mor é o local principal da igreja onde se encontra o altar principal. Há mais locais de culto de outras religiões, mas não têm a estrutura construtiva semelhante e não serão consideradas neste estudo.

Para além dessa reunião de crentes, as igrejas são monumentos históricos construídos na sua maioria há mais de 100 anos. Em cada igreja há uma história diferente e são resultado das antigas populações. Cada igreja tem as suas características: a forma como a nave principal está ligada ao presbitério, entre outras.

Vários países na Europa avançaram rapidamente na instalação de sistemas de aquecimento nas igrejas. Atualmente, preocupam-se com as patologias que surgiram após a instalação deste tipo de sistema. Portugal é um país que ainda não avançou muito nesta área, apesar da grande oferta de serviços que já existe.

A colocação de um sistema de aquecimento pode implicar a alteração da estrutura da igreja: abertura de rasgos nas paredes... Em Portugal, o aquecimento constituiu cuidado como objetivo, mas não como realidade. Algumas igrejas já avançaram com a instalação de sistemas de aquecimento, mas sem que exista consenso nacional de qual o melhor sistema de aquecimento para a nossa zona climática.

O tema desta dissertação foi escolhido com o objetivo de desenvolver um estudo sobre a necessidade de aquecimento nas igrejas portuguesas e destacar quais os sistemas de aquecimento apropriados para esta tipologia de edifício. Há sistemas que se adaptam melhor a espaços amplos, outros a espaços mais

confinados. Cada sistema tem o seu funcionamento distinto visando atingir o conforto térmico em determinados locais.

A instalação de um sistema de aquecimento provoca a alteração do ambiente interior de uma igreja. Este ambiente sendo alterado torna os elementos presentes no interior, desde altares, esculturas, pavimentos, bancos e outros sujeitos a variações de temperatura significativas. Estas variações podem provocar alterações das humidades relativas e variações dimensionais nestes materiais, portanto, antes de instalar um sistema de aquecimento é necessário ter em consideração as alterações posteriores que ocorrem das condições do clima interior e as suas consequências na preservação e conservação do património.

1.2. OBJETIVOS DESTA DISSERTAÇÃO

Os objetivos desta dissertação são os seguintes:

- Compreender o conforto térmico nas igrejas, identificando os parâmetros de que depende e a que níveis esses parâmetros devem estar para garantir o conforto térmico no interior do edifício;
- Descrever o conforto térmico ou a sua inexistência na realidade portuguesa, caracterizando casos de ambientes interiores de igrejas portuguesas. Para além disso, indicar o número aproximado de igrejas existentes em Portugal de forma a justificar a existência de preocupação pela criação de conforto térmico neste tipo de edifícios;
- Identificar e avaliar as tecnologias disponíveis para o aquecimento das igrejas. Tal avaliação passa por mostrar as vantagens e desvantagens dessas tecnologias e compara-las entre si para optar pelo sistema de aquecimento que se adegue melhor a uma determinada igreja;
- O sistema de aquecimento depois de instalado altera o ambiente interior. Os materiais e elementos de construção que estavam habituados a determinadas temperaturas e humidade relativa ficam sujeitos a variações destes parâmetros. O ultimo objetivo é identificar as patologias resultantes da instalação dos sistemas de aquecimento;
- Descrever a organização de uma possível plataforma de conhecimento que utilize as tecnologias de informação e contribua para uma melhor monitorização das igrejas portuguesas.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em 7 capítulos:

- No primeiro capítulo são explicados os motivos pela qual esta dissertação foi proposta, os objetivos iniciais a serem cumpridos e como se organiza a sua estrutura.
- O conforto térmico é explicado no capítulo 2, isto é, são indicados os fatores que o influenciam e as condições de que as igrejas necessitam para atingir o conforto térmico. Para além disso, descreve a distribuição de igrejas pelo país e o conforto existente nessas mesmas igrejas.
- No terceiro capítulo é abordada a importância por parte do clero para a colocação deste tipo de sistema. E para conhecer a importância da instalação de um sistema de aquecimento nas igrejas de Portugal foi realizado um inquérito aos padres da vigararia Trofa/ Vila do Conde da diocese do Porto para conhecer o que estes sacerdotes pensam em relação a este tema.

- No quarto capítulo são apresentadas as diversas tecnologias que permitem o aquecimento do interior das igrejas, e para além disso, são avaliadas as suas vantagens e desvantagens permitindo a escolha do melhor sistema de aquecimento de uma forma mais esclarecida.
- Após a instalação de sistema de aquecimento é necessário ter noção das consequências resultantes deste e qual será a sua gravidade. Neste capítulo 5 são descritas as consequências da instalação da tecnologia de aquecimento.
- No capítulo 6 apresenta-se um sistema possível de monitorização das igrejas e as condições que devem ser reunidas para uma monitorização otimizada, desde a localização dos sensores até aos possíveis gráficos realizados a partir dos valores obtidos.
- No capítulo 7 apresentam-se as conclusões após o estudo realizado sobre este tema. Neste capítulo procura-se dar resposta a 3 perguntas: se realmente há um sistema de aquecimento ideal para qualquer igreja não tendo nenhuma condicionante na sua instalação; se as consequências da instalação de sistemas de aquecimento são drásticas e se é melhor não colocar aquecimento.

CONFORTO EM IGREJAS E A REALIDADE PORTUGUESA

2.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo o objetivo é explicar o que é o conforto térmico e identificar os fatores que influenciam o conforto térmico. Contudo, também identificamos os principais fatores do conforto térmico envolvidos apenas em igrejas.

Para além disso, para iniciar um estudo é necessário reconhecer o panorama português quanto à realidade do aquecimento. O estudo começou por quantificar o número de igrejas existentes em Portugal e identificar como será o clima interior em algumas igrejas portuguesas.

Em último, o objetivo é comparar o clima interior das igrejas portuguesas com a temperatura conforto definida.

2.2. CONFORTO TÉRMICO

O conforto não é um conceito exato [1]. Usualmente, associa-se o conforto a uma certa temperatura, mas não é apropriado. Para atingir o conforto é necessário proporcionar condições exteriores ao corpo humano que permita reduzir a necessidade de o corpo utilizar os seus mecanismos de regulação, como é dito pela ASHRAE.

A importância do estudo do conforto térmico deve-se a proporcionar uma satisfação ao ser humano ou do seu bem-estar em se sentir termicamente confortável, provoca maior rendimento melhorando a performance humana e conserva a energia do ser humano não variando drasticamente as temperaturas do local.

Datado de 1973, a definição de conforto feita por Olygay diz que “representa aquele ponto no qual a pessoa necessita de consumir a menor quantidade de energia para se adaptar ao ambiente circunstante”. Em 1982, Fanger comentou que o conforto térmico é “a condição na qual a pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente em seu redor”. Em 1984, Tanabe afirmou que conforto térmico é “a condição da mente que expressa a satisfação com a temperatura do corpo com um todo”. Com as afirmações anteriores faz com que conforto térmico seja visto como uma neutralidade térmica, no entanto, ter neutralidade térmica é uma condição necessária, mas não suficiente para que a pessoa esteja em pleno conforto térmico, pois ela pode estar a ser exposta a um campo assimétrico de radiação [9].

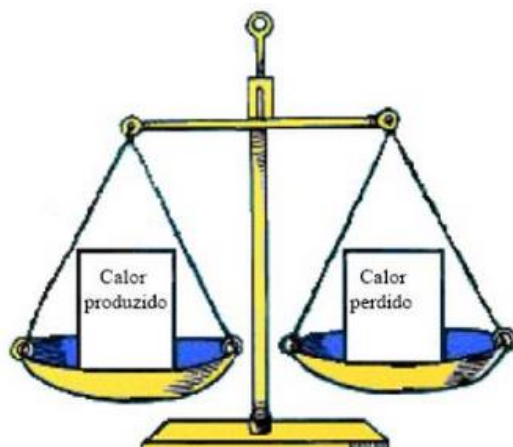


Fig. 2.1- Balança térmica para atingir o conforto térmico [11]

Estas trocas de energia existem devido ao ser humano ser homeotérmico (possui temperatura constante de 37°C), isto é, como na figura 2.1 mostra, o Homem tem que perder o calor adquirido e/ ou produzido para manter o balanço térmico do seu corpo.

Num pequeno quarto, a temperatura do ar por vezes é um bom indicador do conforto térmico. Contudo, as temperaturas superficiais, as movimentações do ar e a exposição à radiação são também importantes, particularmente em espaços de grandes áreas e aquecimento intermitente como é o caso das igrejas. Um dos graves problemas das igrejas é a existência de movimentações de massa de ar. Isto ocorre, porque na altura da sua construção não existiam sistemas de aquecimento, e para combater a humidade o melhor era a existência destas correntes de ar através de aberturas de admissão na parte inferior do edifício e a expulsão na parte superior.

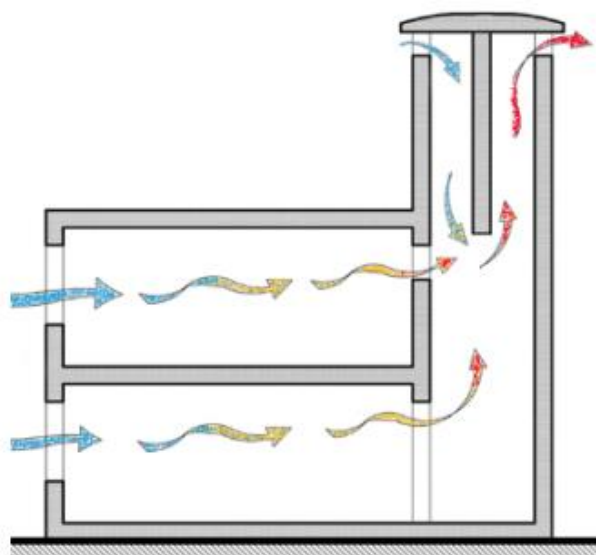


Fig. 2.2- Esquema de ventilação natural de uma igreja [7]

Tratando-se de um conceito não exato, este depende dos utilizadores num determinado instante, condições ambiente e dos materiais de construção utilizados nos edifícios.

2.3. FATORES QUE INFLUENCIAM O CONFORTO

O corpo humano produz energia no seu interior causada pelo seu metabolismo que está dependente da atividade que realiza. Em qualquer atividade, mesmo que seja o dormir, produz energia [1].

O balanço térmico do corpo humano tem em conta a diferença entre as perdas térmicas para o exterior e a energia produzida no interior. Para um melhor controlo deste balanço térmico, existe o hipotálamo que é o centro de controlo e regula o caudal sanguíneo e a intensidade de transpiração para igualar a energia produzida à energia expulsa.

O equilíbrio térmico depende principalmente de sete variáveis. As primeiras três dependem do próprio indivíduo: metabolismo, temperatura da pele e o vestuário utilizado. Os últimos quatro parâmetros dependem do ambiente: temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiante média e a velocidade do ar. De seguida iremos abordar estas variáveis começando pelos três fatores que dependem do indivíduo e terminando com os quatro fatores ambientais [4].

2.3.1. FATORES PRÓPRIOS DA CADA INDIVÍDUO

Como já foi referido anteriormente, os fatores que fazem com que exista conforto térmico dependem do próprio indivíduo são o seu metabolismo, a temperatura da pele e a roupa que utiliza.

Metabolismo é um conjunto de processos, complexos e ininterruptos, de transformação de matéria e energia pelo organismo no decorrer dos seus fenómenos orgânicos [2]. O corpo produz calor pela comida que o indivíduo ingere. O rácio de energia depende da atividade física exercida: 70 watts quando dorme, cerca de 100 quando está sentado e a ouvir. As exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento do seu organismo, cujo mecanismo, complexo, pode ser, grosso modo, comparado a uma máquina térmica que produz calor consoante a sua atividade. O homem precisa de libertar calor em quantidade suficiente para que a sua temperatura interna ronde os 37°C – homeotermia [3].

A transferência de energia num ser humano tem três formas de ocorrerem: condução, convecção e radiação.

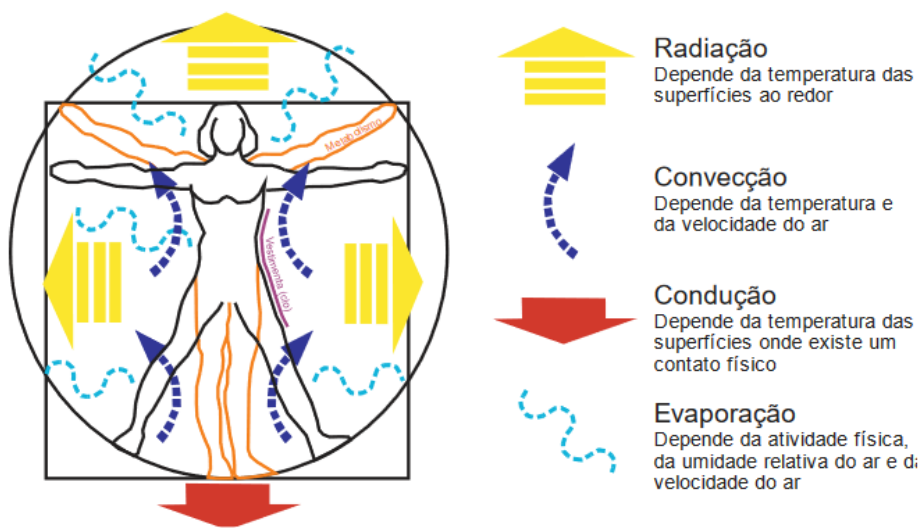


Fig. 2.3- Mecanismos de transferência de energia no ser humano [8]

Estes sistemas estão descritos minuciosamente no capítulo 4 para explicar como funciona cada sistema de aquecimento. Para uma melhor percepção é feita uma pequena explicação em seguida.

A convecção é normalmente o mecanismo de transferência mais importante. É uma perda do corpo, desde que o ar, mesmo em edifícios quentes está mais fresco que a pele. A taxa de perda de calor é maior se o ar se estiver a movimentar, devido à evaporação e uma maior convecção.

Associada à transferência de calor por condução está uma quantidade pequena de energia. O contacto com superfícies quentes torna-se desconfortável após algum tempo. Por vezes, existem superfícies que arrefecem frequentemente os pés numa igreja devido ao piso frio. Os tapetes e almofadas limitam o efeito das superfícies frias.

O efeito da radiação sobre o conforto térmico é muitas vezes esquecido. Em roupa normal, a radiação e a convecção são igualmente importantes, mas com o aumento da quantidade de roupa ou espessura da roupa diminui o efeito da radiação. A radiação de qualquer superfície é proporcional à sua área e aumenta rapidamente com a sua temperatura.

O principal órgão de termorregulador do organismo humano é a pele. As trocas de calor são feitas através da pele. A temperatura da pele é resultante do fluxo sanguíneo e pela transpiração. Quanto mais intenso o fluxo, mais elevada é a temperatura. A transpiração resulta da energia a mais no organismo. Ao contrário da temperatura interior corpórea, a pele não tem temperatura constante.

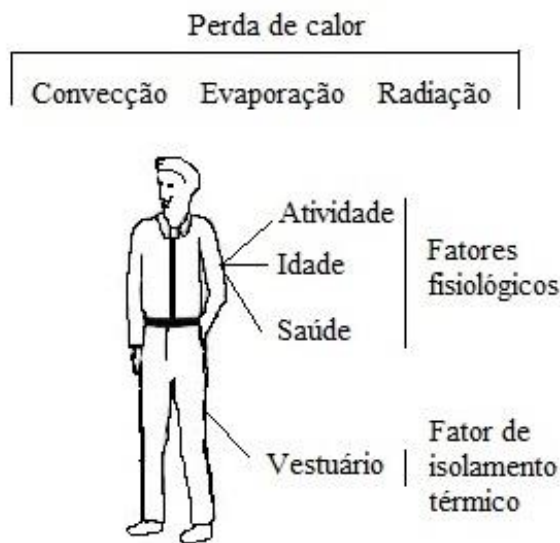


Fig. 2.4- Fatores próprios de cada individuo que afetam o seu conforto térmico, adaptado de [13]

Um fator muito importante para o conforto é a roupa utilizada por cada pessoa. A cada peça de vestuário, para cálculos, é atribuído uma quantidade de energia que retém. O vestuário atrasa as trocas de calor da pele com a atmosfera circundante. O vestuário funciona como uma resistência térmica.

2.3.2. FATORES AMBIENTAIS

O conforto térmico depende dos fatores ambientais descritos na imagem seguinte: umidade relativa, temperatura radiante, velocidade do ar e temperatura do ar. Cada fator deste será descrito a seguir.

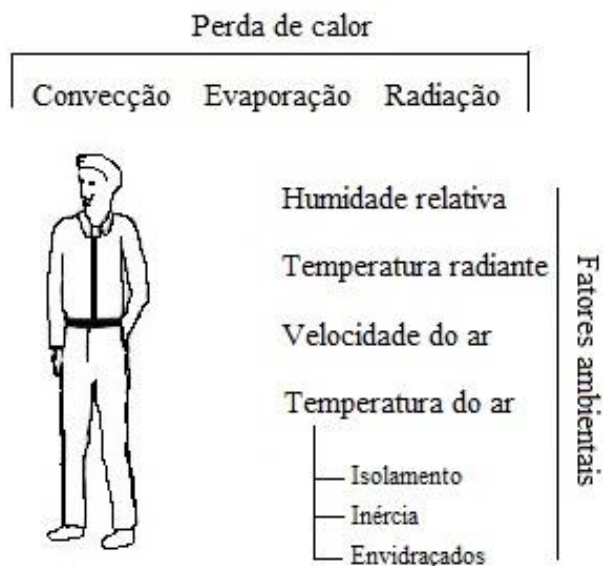


Fig. 2.5- Fatores ambientais que afetam o conforto térmico, adaptado de [13]

A humidade relativa, a uma determinada temperatura e pressão, é a relação entre a tensão de vapor atual do ar e a tensão do vapor saturado em relação à água [2]. Existindo um grau de evaporação superior ou inferior, este interfere com a nossa perda de calor.

A temperatura radiante média é a temperatura da superfície dos elementos que constituem o espaço. Este parâmetro influencia o calor perdido através da radiação do corpo com a perda do calor por condução quando o corpo está em contato direto com a superfície. Os edifícios mal isolados ou com ausência de isolamento possuem superfícies interiores frias pelo que necessitam de temperaturas de ar mais elevadas para as compensar. Um conceito importante relacionado com a temperatura superficial é a condutibilidade térmica. A condutibilidade térmica depende da densidade, natureza química e da humidade do material. Esta propriedade é explicada no capítulo 4, mas para uma melhor compreensão, é a facilidade com que o calor é transferido de uma dada superfície para os pés ou mãos [11].

Os deslocamentos de ar provocam uma sensação de arrefecimento devido à perda de calor por convecção, no entanto, não baixam a temperatura. Dentro dos edifícios a velocidade do ar máxima é de 0,2m/s.

A temperatura do ar é um fator importante para o conforto térmico. Este é o fator mais afetado pela instalação de sistemas de aquecimento nas igrejas. Este fator depende do isolamento das igrejas, da inércia dos seus elementos construtivos e da área de envidraçados.

Num edifício a radiação solar, condução do calor através da cobertura e paredes e trocas de ar através das aberturas (janelas e portas) dependem das características arquitetónicas e da escolha de materiais do isolamento. Paredes constituídas por materiais com elevada condutibilidade térmica são sensíveis a aos ciclos diários de temperaturas. As janelas podem permitir a penetração de raios solares e criar efeito de estufa, no entanto, tem grande importância nas perdas energéticas e trocas de ar com o exterior [5].

Num edifício as temperaturas são mais estáveis, sendo isto mais visível em pisos térreos, pois o solo é uma grande reserva de calor. Nos pisos em contato com a cobertura a temperatura é menos estável devido às trocas feitas pela cobertura – de dia recebe a radiação solar e à noite perde radiação infravermelha. O fator envolvido nesta diferença é a inércia.

Um fator que contribui para as temperaturas baixas ou não é a área superficial das paredes, janelas, coberturas e outros. A uma grande área de envidraçados corresponde maiores perdas de calor para o exterior no Inverno e diminuição da temperatura interior. A perda de calor por unidade de tempo depende do tipo de envidraçado utilizado.

2.4. CONDIÇÕES DE CONFORTO EM IGREJAS

O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo funciona sem ser submetido à fadiga ou stress e inclusive à térmica [3].

As igrejas são edifícios históricos com grande capacidade de armazenamento de calor. Este facto deve-se às suas paredes, normalmente, serem de espessura elevada. Para além de manter o equilíbrio, permite a estratificação constante da temperatura. A presença de pessoas e a iluminação, por exemplo, são fatores que alteram esse equilíbrio.

A estratificação das temperaturas e a presença das correntes convectivas permitem verificar a estabilidade do ar. No inverno são geradas correntes convectivas devido à temperatura do teto ser baixa e tornar o ar mais denso, provocando uma descida deste. Ao descer este ar provoca a subida do ar que está a uma altura inferior e a uma temperatura superior. No verão, o teto está a uma temperatura supe-

rior e não provoca descida de ar, pelo que se mantém imóvel e não há movimentações de ar. Na imagem seguinte está demonstrado as correntes convectivas no inverno e a estratificação da temperatura no Verão.

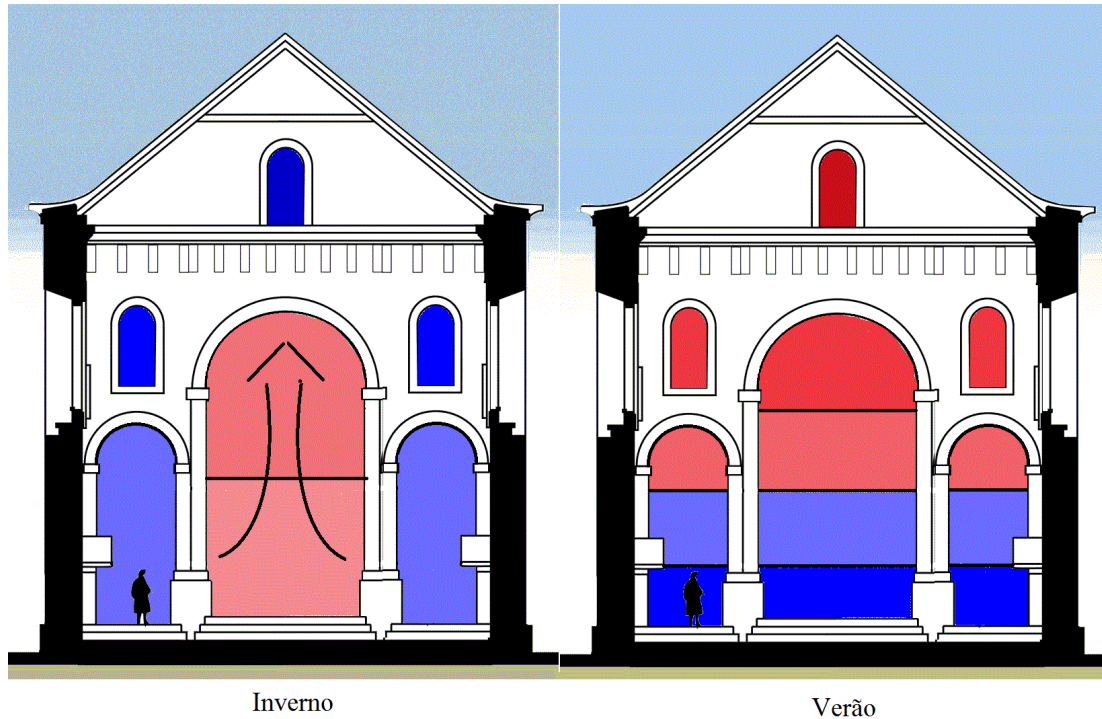


Fig. 2.6- As correntes convectivas (inverno) e a estratificação da temperatura (verão), adaptado de [14]

As igrejas podem ser consideradas como microclimas, porque as condições externas têm uma influência limitada nas condições interiores. A influência gerada pelo exterior tem mais impacto através das janelas, portas e outras aberturas. É normal que a temperatura interior e as paredes atinjam equilíbrio com temperaturas médias exteriores apenas no final do Verão e do Inverno [6].

Segundo o autor do livro “Heating your church”, o instituto de engenheiros de construção de edifícios (CIBSE) recomenda como valor projeto a temperatura seca resultante nas igrejas de 18°C. A temperatura seca é um conceito de temperatura em que não é tido em consideração a radiação dos objetos na proximidade e os efeitos da humidade relativa e da velocidade do ar [12]. No entanto, o autor deste livro tendo já em consideração os restantes parâmetros assume que a temperatura de conforto nas igrejas é de 20°C.

2.5. PANORAMA DAS IGREJAS PORTUGUESAS

2.5.1. QUANTIFICAÇÃO DAS IGREJAS PORTUGUESAS

A Igreja em Portugal abrange 20 dioceses agrupadas em três províncias eclesiásticas. As três províncias são a de Braga, Évora e Lisboa. A província de Braga abrange 9 dioceses que são Braga, Aveiro, Bragança, Coimbra, Lamego, Porto, Viana do Castelo, Vila Real e Viseu. A de Évora inclui 3 dioceses: Évora, Algarve e Beja. A província eclesiástica de Lisboa abrange Lisboa, Angra, Funchal, Guarda, Leiria – Fátima, Portalegre – Castelo Branco, Santarém e Setúbal.



Fig. 2.7 - Dioceses de Portugal divididas nas três províncias [15]

Segundo a Conferência Episcopal Portuguesa, a 31 de dezembro de 2012, em Portugal existiam 4424 paróquias.

Na tabela seguinte são apresentadas as características das dioceses de Portugal: número de arceprestados/ vigararias, paróquias, população e respetiva área geográfica. É importante salientar que a área geográfica da diocese não coincide com a área geográfica do distrito com o mesmo nome, visto que a diocese também não coincide com o distrito.

Tabela 2.1 – Características das dioceses de Portugal, adaptado de [16]

| Dioceses de Portugal | Arciprestados/ Vigararias | Paróquias | População | Área geográfica |
|----------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------------|
| Braga | 14 | 551 | 850000 | 2832 |
| Aveiro | 10 | 101 | 270000 | 1538 |
| Bragança | 4 | 326 | 136459 | 6545 |
| Coimbra | 10 | 269 | 50000 | 5300 |

| | | | | |
|-----------------------------------|-----|------|---------|--------|
| Lamego | 6 | 223 | 141000 | 2850 |
| Porto | 22 | 477 | 954500 | 3010 |
| Viana do Castelo | 10 | 291 | 224888 | 2108 |
| Vila Real | 8 | 264 | 210115 | 4273 |
| Viseu | 17 | 208 | 239906 | 3400 |
| Évora | 9 | 156 | 278000 | 13547 |
| Algarve | 4 | 80 | 270000 | 5071 |
| Beja | 6 | 120 | 175496 | 12300 |
| Lisboa | 15 | 284 | 1475133 | 3735 |
| Angra | 16 | 228 | 247066 | 106 |
| Funchal | 7 | 80 | | 5 |
| Guarda | 15 | 361 | 235000 | 6770 |
| Leiria-Fátima | 9 | 75 | 266328 | 1700 |
| Portalegre- Castelo Branco | 5 | 161 | 225910 | 9149 |
| Santarém | 7 | 112 | 200000 | 320382 |
| Setúbal | 7 | 57 | 545000 | 1500 |
| Total | 201 | 4424 | 6994801 | 406121 |

Os dados da tabela anterior são fornecidos pelo Anuário Católico de Portugal e podemos inferir a existência de 4424 paróquias. Cada paróquia tem pelo menos a sua igreja matriz, pelo que existem pelo menos 4424 igrejas em Portugal.

Segundo o Serviço Episcopal de Portugal, muitos dos edifícios que funcionam como igrejas, a Igreja tem usufruto do edifício, mas está registada como propriedade do Estado. Um sistema de informação que possui mais dados relativos ao número de igrejas em Portugal trata-se do Sistema de Informação para o Património Arquitetónico. Através deste sistema de informação foi recolhido o número de igrejas registadas e obteve-se a seguinte tabela.

Tabela 2.2 – Número de igrejas por distrito/ arquipélago, adaptado do sistema de informação

| | Matriz | Paro- quial | San- tuário | Cate- dral | Cate- dral/ Igreja Matriz | Conven- to/ Mos- teiro | Convento/ Mosteiro/ Templo | Número de igre- jas |
|---|---------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| Aveiro | 196 | 1 | 2 | 0 | 0 | 8 | 0 | 207 |
| Beja | 92 | 14 | 1 | 0 | 0 | 11 | 0 | 118 |
| Braga | 365 | 12 | 13 | 1 | 0 | 39 | 0 | 430 |
| Bragança | 408 | 11 | 4 | 2 | 0 | 9 | 0 | 434 |
| Castelo Branco | 157 | 12 | 1 | 1 | 0 | 7 | 0 | 178 |
| Coimbra | 156 | 5 | 3 | 1 | 0 | 17 | 0 | 182 |
| Évora | 69 | 17 | 3 | 1 | 0 | 33 | 0 | 123 |
| Faro | 56 | 21 | 0 | 1 | 0 | 19 | 0 | 97 |
| Guarda | 368 | 13 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0 | 391 |
| Leiria | 103 | 32 | 6 | 0 | 1 | 11 | 0 | 153 |
| Lisboa | 162 | 57 | 2 | 0 | 1 | 60 | 0 | 282 |
| Portalegre | 89 | 23 | 1 | 2 | 0 | 17 | 0 | 132 |
| Porto | 382 | 19 | 6 | 1 | 0 | 50 | 1 | 459 |
| Santarém | 131 | 15 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 164 |
| Setúbal | 52 | 16 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 79 |
| Viana do Castelo | 274 | 12 | 2 | 0 | 0 | 32 | 0 | 320 |
| Vila Real | 262 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 | 271 |
| Viseu | 362 | 24 | 6 | 2 | 0 | 26 | 0 | 420 |
| Arquipéla- go da Ma- deira | 41 | 3 | 2 | 1 | 0 | 5 | 0 | 52 |
| Arquipéla- go dos Açores | 129 | 31 | 0 | 1 | 0 | 16 | 0 | 177 |
| | | | | | | | TOTAL | 4669 |

O funcionamento da entidade Igreja tem por base as suas dioceses, mas não possui informação das igrejas que existem em Portugal. Todos os outros sistemas abordam as igrejas pelos distritos. Para simplificar, nesta dissertação as igrejas também serão abordadas por distritos. Este sistema de informação é o mais completo a nível nacional e a sua referência foi dada pela Conferência Episcopal Portuguesa.

A procura de igrejas foi feita por igreja matriz, paroquial, santuário, catedral e convento. Nas igrejas catedrais existem as que são igrejas matriz, mas foi garantido pela secretaria do sistema de informação que não há repetição das igrejas, isto é, cada igreja tem a sua definição no sistema. A nível de convento e mosteiro há os que possuem igrejas abertas ao público (templo) e as dirigidas aos frades.

Em paralelo, foi realizada a lista de igrejas existentes no distrito do Porto. A sua execução passou pela procura de igrejas em cada freguesia do distrito do Porto. A informação recolhida foi obtida através dos sites das juntas de freguesia e confirmada pelos sites das câmaras municipais. Esta lista de igrejas do distrito do Porto conta com 445 igrejas e está presente no anexo I.

Para verificar a viabilidade deste sistema de informação do património arquitetónico comparou-se o número de igrejas da lista com o número de igrejas registadas no distrito do Porto. Recordar-se que no distrito do Porto o sistema encontra 459 igrejas e a lista encontrou 445 igrejas. Os valores não são iguais, mas próximos, pelo que pode ser considerado viável o sistema de informação do património arquitetónico. Esta diferença de número pode estar relacionada com a alteração do estatuto das igrejas. Atualmente, as capelas passaram a designar-se por igrejas e pode haver ainda conflito quanto à denominação destes edifícios.

No entanto, a própria entidade gestora do Sistema de Informação para o Património Arquitetónico salientou que o inventário de igrejas existentes em Portugal está incompleto. Portanto, o número de igrejas existente em Portugal é superior às 4669 igrejas registadas neste sistema.

2.5.2. CARATERIZAÇÃO DO CLIMA INTERIOR DAS IGREJAS PORTUGUESAS

Para conhecer as características das igrejas portuguesas são apresentados os ambientes interiores de duas igrejas no norte do país, visto que a norte do país as condições atmosféricas são mais desfavoráveis como é demonstrado no mapa seguinte das zonas climáticas de inverno.

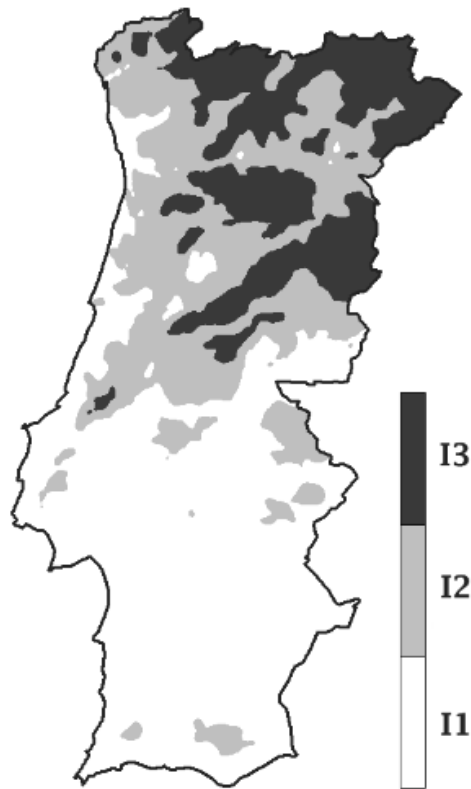


Fig. 2.8 - Zonas climáticas de inverno em Portugal Continental [17]

O país é praticamente dividido em metade: a metade sul é I1 e a outra metade é I2 e I3. A zona de inverno I1 tem menos de 1300 graus dia para uma temperatura base de 18°C. Graus dia é um método utilizado para a determinação das necessidades térmicas de aquecimento. A zona de inverno I2 e I3 são as zonas do país com condições mais adversas. Estas duas zonas são onde existem maior número de igrejas.

No norte do país encontram-se 2932 igrejas (66%) comparando com 1091 igrejas no centro (25%) e 417 igrejas no sul (9%). Devido ao grande número de igrejas no norte do país os casos de estudo escolhidos localizam-se no norte do país.

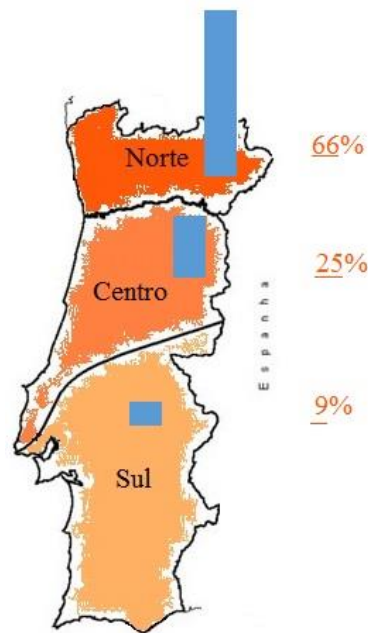


Fig. 2.9- Número de igrejas em cada parte do país, adaptado de [18]

As duas igrejas apresentadas serão denominadas por A e B e não são identificadas por serem fornecidos dados de entidades que não permitem a sua exposição. Não serão apenas apresentados os valores do ambiente interior, mas também do ambiente exterior para posteriormente fazer uma comparação entre ambos. No mapa seguinte identifica-se a localização aproximada das duas igrejas. Os registos obtidos em ambos os casos não foram obtidos no âmbito desta dissertação, mas de outros estudos realizados e no caso B não é autorizado a divulgação da fonte dos registos.

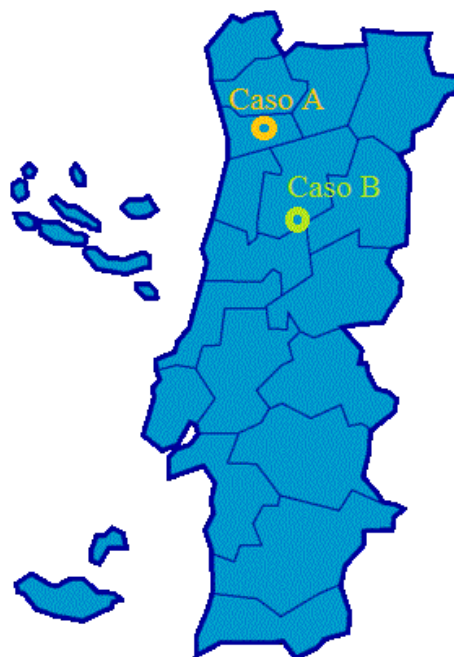


Fig. 2.10 - Localização das igrejas em estudo, adaptado de [18]

2.5.2.1. Caso A

No caso A as medições foram feitas durante um período de cerca de 4 meses, desde o dia 7/11/2007 até 21/02/2008. Os resultados foram medidos de um quarto em quarto de hora para verificar mais facilmente as alterações da temperatura ambiente.

O gráfico seguinte apresenta a distribuição das temperaturas médias diárias medidas no exterior.

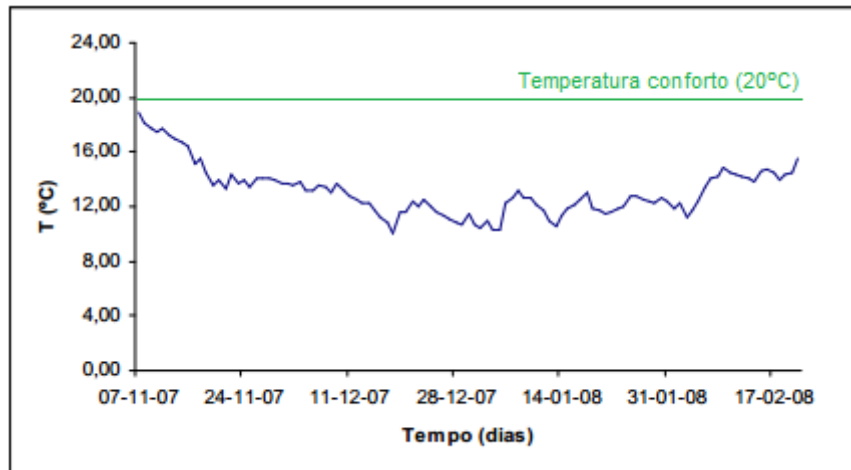


Fig. 2.11 - Temperaturas médias diárias do exterior ao longo dos 4 meses de recolha [6]

Quanto ao ambiente interior, a variação das temperaturas médias no interior da igreja está representada no gráfico seguinte.

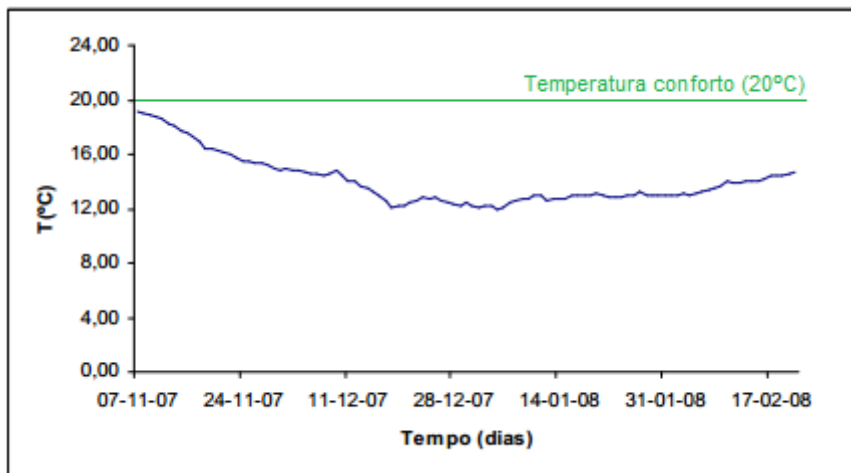


Fig. 2.12 - Temperaturas médias diárias do interior ao longo dos 4 meses de recolha [6]

Pelo gráfico anterior é possível constatar logo à partida que a temperatura inicialmente diminuiu, mas por volta de dezembro estabilizou e começou a subir por volta do mês de janeiro.

Para uma melhor compreensão e leitura dos dados no gráfico seguinte estão representadas as curvas das temperaturas médias diárias interiores e exteriores.

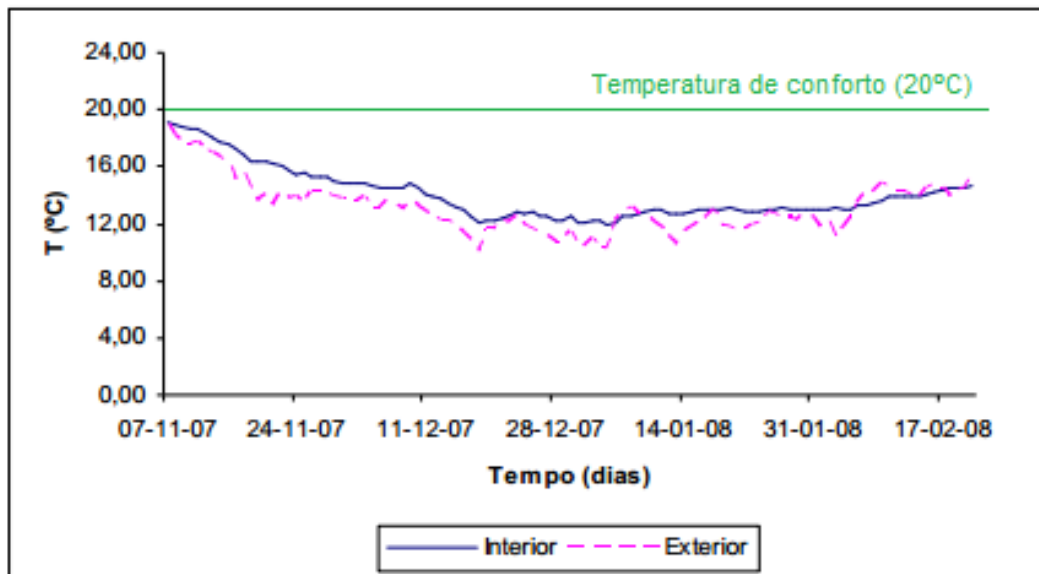


Fig. 2.13 - Temperaturas médias interiores e exteriores ao longo dos 4 meses de recolha [6]

Pela observação deste gráfico concluímos que o interior possui mais estabilidade que o exterior, pois apesar de as temperaturas interiores seguirem as temperaturas exteriores, não o fazem com grandes oscilações nem picos de temperatura máxima e mínima [7].

A temperatura interior da igreja é quase sempre, neste período de amostra, superior à temperatura exterior. A temperatura média interior desta igreja ronda os 14°C. Esta temperatura é característica para o ambiente exterior descrito. Caso o ambiente exterior altere, esta temperatura média também altera. Podemos concluir então que a temperatura interior é fortemente afetada pelo ambiente exterior.

Para além disso, a evolução das temperaturas médias interiores nunca alcançou a temperatura definida como conforto. Aliás, a temperaturas médias interiores chegam a atingir uma diferença com a temperatura conforto de 8°C.

Para uma avaliação de temperaturas podemos utilizar a média das temperaturas médias. No gráfico seguinte estão caracterizados os climas interiores e exteriores através da sua temperatura média neste período de estudo.

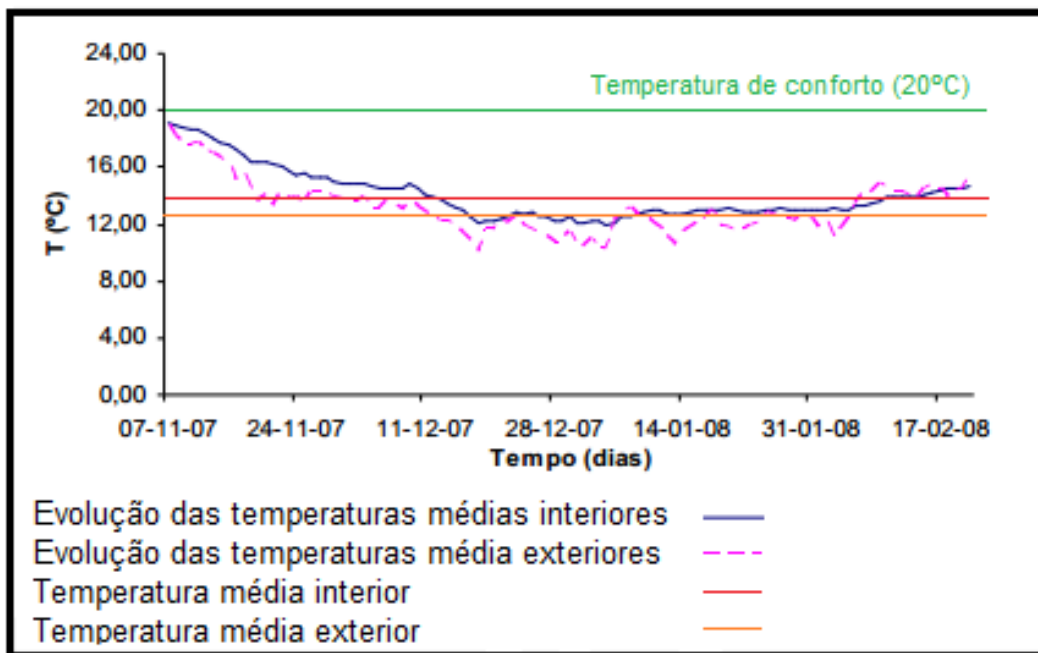


Fig. 2.14 - Temperatura média interior e exterior ao longo dos 4 meses de recolha [6]

Pelo gráfico anterior constatamos que a temperatura média interior (14°C) é superior à exterior (13°C), mas é sempre inferior à temperatura definida como a temperatura de conforto (20°C).

2.5.2.2. Caso B

No caso B, a igreja também situada a norte, mas mais perto do centro do país, foi alvo de muitos estudos das temperaturas devido às condições exteriores existentes. Os sensores instalados têm capacidade de monitorização à distância. Foram instalados sensores redundantes em quatro zonas. As medições das temperaturas foram feitas para um período de 1 de abril de 2014 a 31 de dezembro de 2015. Os sensores foram colocados no exterior, coro, sacrário, altar lateral (baixo), altar lateral (cima), altar mor (baixo), altar mor (cima) e sacristia.

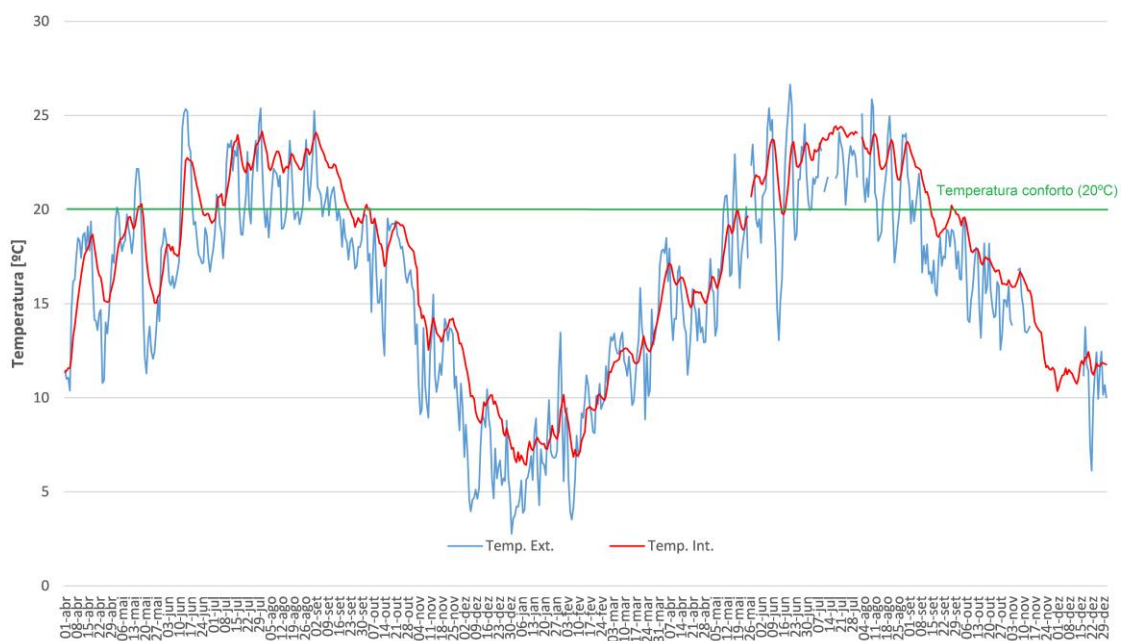


Fig. 2.15 - Evolução da temperatura do dia 1 de abril de 2014 até ao dia 31 de dezembro de 2015

Como na igreja anterior podemos verificar que a temperatura interior é praticamente superior à temperatura exterior, e para além disso, a temperatura interior acompanha de uma forma mais atrasada a temperatura exterior devido à inércia térmica que a igreja apresenta com os seus elementos construtivos. As temperaturas mais baixas no interior e no exterior foram atingidas nos meses de dezembro e janeiro.

Nesta igreja existem alturas em que a temperatura interior é superior à temperatura de conforto térmico: meses de junho, julho e agosto. No entanto, um dos objetivos desta dissertação é discutir qual é o sistema de aquecimento mais adequado para ser implementado numa igreja, por isso, apenas precisamos de descrever as condições térmicas da igreja durante o Inverno.

Sendo assim, foi disponibilizado o relatório de medições dos meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2015. Foram medidas diversas variáveis higrótérmicas, mas para este estudo apenas iremos observar as medições da temperatura interior e exterior. Na imagem seguinte está representado o registo de temperaturas de novembro a fevereiro de forma a ser possível comparar mais facilmente com a igreja A.

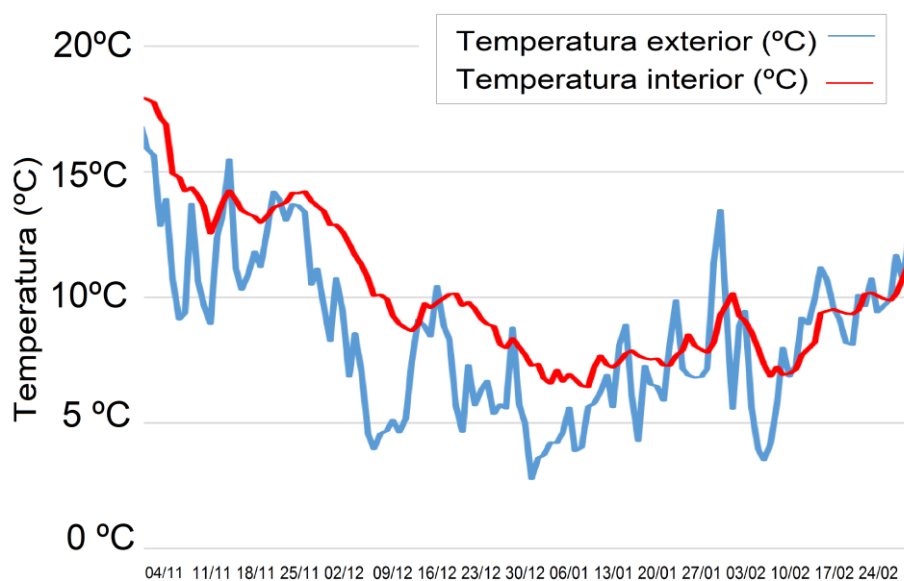


Fig. 2.16 - Evolução da temperatura desde novembro de 2014 até fevereiro de 2015

As tabelas seguintes demonstram a temperatura média, mínima e máxima dos meses de outubro, novembro e dezembro. Na média geral não se considera a temperatura da sacristia e do exterior, pois não são representativos do ambiente interior da igreja.

Tabela 2.3 – Temperaturas características do mês de outubro de 2015

| Local | Média | Máximo | Mínimo |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| | T (°C) | | |
| Exterior – S1 | 15,9 | 26,7 | 6,8 |
| Coro – S2 | 17,8 | 21,1 | 16,1 |
| Sacrário – S3 | 16,8 | 19,0 | 15,3 |
| Altar lateral (baixo) – S4 | 17,4 | 20,2 | 15,5 |
| Altar lateral (cima) – S5 | 17,5 | 20,4 | 15,8 |
| Altar-mor (baixo) – S6 | 19,8 | 20,9 | 18,5 |
| Altar-mor (cima) – S7 | 17,7 | 20,6 | 16,0 |
| Sacristia – S8 | 16,3 | 18,5 | 14,7 |
| Média Geral | 17,8 | 20,4 | 16,2 |

Tabela 2.4 – Temperaturas características do mês de novembro de 2015

| Local | Média | Máximo | Mínimo |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| | T (°C) | | |
| Exterior – S1 | 15,0 | 31,7 | 9,1 |
| Coro – S2 | 14,4 | 20,2 | 10,4 |
| Sacrário – S3 | 13,5 | 19,7 | 9,3 |
| Altar lateral (baixo) – S4 | 13,9 | 17,1 | 9,9 |
| Altar lateral (cima) – S5 | 15,0 | 18,2 | 11,9 |
| Altar-mor (baixo) – S6 | - | - | - |
| Altar-mor (cima) – S7 | 14,3 | 18,5 | 10,2 |
| Sacristia – S8 | 12,8 | 16,0 | 8,7 |
| Média geral | 14,2 | 18,7 | 10,3 |

Tabela 2.5 – Temperaturas características do mês de dezembro de 2015

| Local | Média | Máximo | Mínimo |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| | T (°C) | | |
| Exterior – S1 | 10,7 | 18,9 | 1,5 |
| Coro – S2 | 11,4 | 14,2 | 9,9 |
| Sacrário – S3 | 10,8 | 12,4 | 8,8 |
| Altar lateral (baixo) – S4 | 10,8 | 12,4 | 9,5 |
| Altar lateral (cima) – S5 | 12,6 | 14,4 | 11,4 |
| Altar-mor (baixo) – S6 | 11,7 | 16,1 | 10,8 |
| Altar-mor (cima) – S7 | 11,2 | 13,1 | 9,8 |
| Sacristia – S8 | 9,6 | 10,9 | 8,3 |
| Média geral | 11,4 | 13,8 | 10,0 |

Para obter conclusões com estes dados seria necessário analisar este trimestre mais vezes. Por este ano, podemos concluir que a temperatura de novembro a dezembro vem diminuindo atingindo valores mínimos de 10°C, o que para existir conforto térmico é necessário aumentar a temperatura do interior.

Se formos a considerar a média entre as temperaturas médias deste trimestre temos uma temperatura de 14,5°C.

2.6. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A Igreja organiza-se por paróquias, e como é de esperar, a sua preocupação é a realização do culto em cada paróquia, por isso, apenas tem noção de quantas paróquias existem, centros sociais e outros ser-

viços destinados à sua assembleia. O número de edifícios de culto para a Igreja não é muito importante, motivo pelo qual não existe nenhuma lista de edifícios realizada pela Igreja. No entanto, o Estado possui um sistema de informação que encontra 4669 igrejas – igrejas paroquiais, igrejas de mosteiros, entre outras. Este número de igrejas é elevado e torna importante o estudo do conforto térmico neste tipo de edifícios.

O conforto térmico é um estado muito dependente das características dos utilizadores. Este estado necessita de algumas variáveis para o definir, no entanto, para esta dissertação apenas será abordada a temperatura ambiente. Mas será que há uma temperatura que agrada os participantes do culto para atingirem o conforto térmico? Pela descrição que foi feita o conforto térmico não depende apenas de fatores ambientais, mas de fatores do próprio ser humano, pelo que cada um tem a sua atividade energética, e por isso, é complicado encontrar uma temperatura ideal para todos os participantes do culto, mas foi estabelecido pelo instituto de engenheiros de construção de edifícios a temperatura ambiente de conforto de 20°C.

No entanto, concluímos que em ambos os casos de igrejas portuguesas a temperatura média ronda os 14°C. Claramente esta não é uma temperatura que permite atingir o conforto térmico por parte dos frequentadores das igrejas. E para além disso, existem mínimos de aproximadamente 7°C, ou seja, esta temperatura mínima ainda piora as condições de conforto nas igrejas.

Para concluir, é necessário a instalação de sistemas de aquecimento para atingir o conforto térmico nas igrejas portuguesas. Cada sistema de aquecimento terá que se adaptar à localização geográfica da igreja e à própria igreja em questão.

IMPORTÂNCIA DO AQUECIMENTO EM PORTUGAL

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentado um estudo baseado num inquérito sobre a importância do aquecimento em Portugal. Para obter tal caracterização foram realizados inquéritos às pessoas mais ligadas à igreja: os sacerdotes.

A igreja é organizada geograficamente e administrativamente por dioceses. E em cada diocese, existem diversas vigararias. Estes inquéritos foram aplicados aos sacerdotes da vigararia Trofa/ Vila do Conde da diocese do Porto. Contou com a participação de dez padres da vigararia que representam vinte e cinco paróquias.

As paróquias que estão representadas nestes inquéritos são: Alvarelos, Covelas, Guidões, Árvore, Tougues, Azurara, São Martinho do Bougado, São Tiago do Bougado, Canidelo, Fajozes, Fornelo, Vairão, São Mamede do Coronado, São Romão do Coronado, Muro, Gião, Malta, Modivas, Vilar, Guilhabreu, Mosteiró, Macieira da Maia, Retorta, Mindelo e Vila Chã. As únicas paróquias que não estão representadas desta vigararia são Aveleda, Labruga e Vilar do Pinheiro.

No subcapítulo seguinte será feita uma apresentação do inquérito realizado e nos seguintes irão concluir e comparar certas informações para entender se o aquecimento das igrejas é um ponto importante para a Igreja, como instituição de culto.

3.2. INQUÉRITO REALIZADO

Neste inquérito foram abordados os dois primeiros temas principais desta dissertação: conforto térmico e a existência de aquecimento, e se sim, qual o aquecimento instalado. O inquérito realizado encontra-se no anexo II, no entanto, serão explicadas de seguida as perguntas.

A primeira fase é identificar a igreja e o pároco que está a responder e indicar qual o ano da construção e respetivas obras realizadas em cada igreja.

Paróquia: _____

Tipo de igreja: Paroquial/ Matriz/ _____ Ano da construção (ou década): _____

Pároco: _____

Últimas obras e respetivo ano:

Fig. 3.1- Cabeçalho do inquérito realizado

A primeira pergunta pede para classificar a sensação de conforto térmico no interior da igreja durante o Inverno numa escala que vai de “Muito Frio” até “Quente”. Esta pergunta surge para os padres explicarem qual é a perceção deles quanto ao conforto das igrejas que estão à sua responsabilidade. E para acrescentar a segunda pergunta questiona se a temperatura deveria ser superior ou não à temperatura já existente.

1) Como classifica a sensação de conforto térmico no interior da igreja durante o Inverno?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Quente | <input type="checkbox"/> Ligeiramente frio |
| <input type="checkbox"/> Ligeiramente quente | <input type="checkbox"/> Frio |
| <input type="checkbox"/> Neutro/ confortável | <input type="checkbox"/> Muito frio |

2) Como gostaria de ter a temperatura no interior da igreja?

- Superior Sem alteração Inferior

Fig. 3.2 – Perguntas 1 e 2 do inquérito realizado

Os pontos principais do corpo do ser humano que detetam o frio são as extremidades. Na igreja, a extremidade em piores condições de temperatura são os pés, e nessa medida, a terceira pergunta é sentem, normalmente, os pés frios. A temperatura dos pés depende de vários fatores, inclusivamente, o tipo de pavimento – quarta pergunta – e a temperatura do pavimento – quinta pergunta. A quinta pergunta pede para classificar a temperatura do pavimento numa escala de “Muito Frio” a “Neutro/ Confortável”. Apenas vai até esta escala visto que o pavimento não pode ser muito quente.

3) Sente os pés frios na igreja?

Sim

Não

4) Qual o tipo de pavimento da igreja?

Soalho/ Tijoleira/ _____

5) Como classifica a temperatura do pavimento da igreja no inverno?

Ligeiramente frio

Frio

Neutro/ Confortável

Muito frio

Fig. 3.3 – Perguntas 3, 4 e 5 do inquérito realizado

Outro ponto fulcral abordado neste inquérito é a pergunta 6 que questiona se existe aquecimento ou não na igreja, como mostra a figura seguinte.

6) A igreja tem aquecimento?

Sim

Não

Fig. 3.4 – Pergunta 6 do inquérito realizado

Se a resposta for positiva, a pergunta seguinte é para indicar o tipo de aquecimento que existe e o grau de satisfação associado a este numa escala de “Muito insatisfeito” até “Muito satisfeito”, como exemplifica a figura seguinte da pergunta 6a) e 6b).

a. Se respondeu sim à pergunta anterior, qual o tipo de aquecimento?

b. Se respondeu sim à pergunta anterior, indique o grau de satisfação com o aquecimento da igreja.

Muito satisfeito

Insatisfeito

Satisfeito

Muito insatisfeito

Fig. 3.5 – Pergunta 6a) e 6b) do inquérito realizado

Se a resposta for negativa quanto à existência de aquecimento, não se preenchem as perguntas anteriores, mas pergunta-se se consideram que deveria ser colocado um sistema de aquecimento.

7) Se não tem aquecimento considera que deveria ser colocado?

Sim

Não

Fig. 3.6 – Pergunta 7) do inquérito realizado

E para concluir o inquérito, são feitas perguntas relativas a possuírem recursos para instalar o sistema de aquecimento, mas também, se há recursos para manter o sistema de aquecimento após a sua instalação. E a pergunta número dez é se o tema já foi abordado numa reunião diocesana, como é demonstrado com a figura seguinte.

8) A igreja possui recursos para instalar um sistema de aquecimento?

Sim

Não

9) E depois de instalado há recurso para manter o sistema de aquecimento?

Sim

Não

10) Este tema já foi abordado numa reunião diocesana?

Sim

Não

Fig. 3.7 – Pergunta 8), 9) e 10) do inquérito realizado

3.3. INTERPRETAÇÃO DOS INQUÉRITOS REALIZADOS

3.3.1. SENSAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO E A NECESSIDADE DE MELHORIA DA TEMPERATURA DA IGREJA

O conforto térmico é um conceito muito complexo para a Térmica, mas para os inquiridos traduz-se na temperatura que o edifício apresenta. Portanto, a escala é feita de uma forma para que os sacerdotes que responderam entendam esta linguagem corrente de quente ou frio.

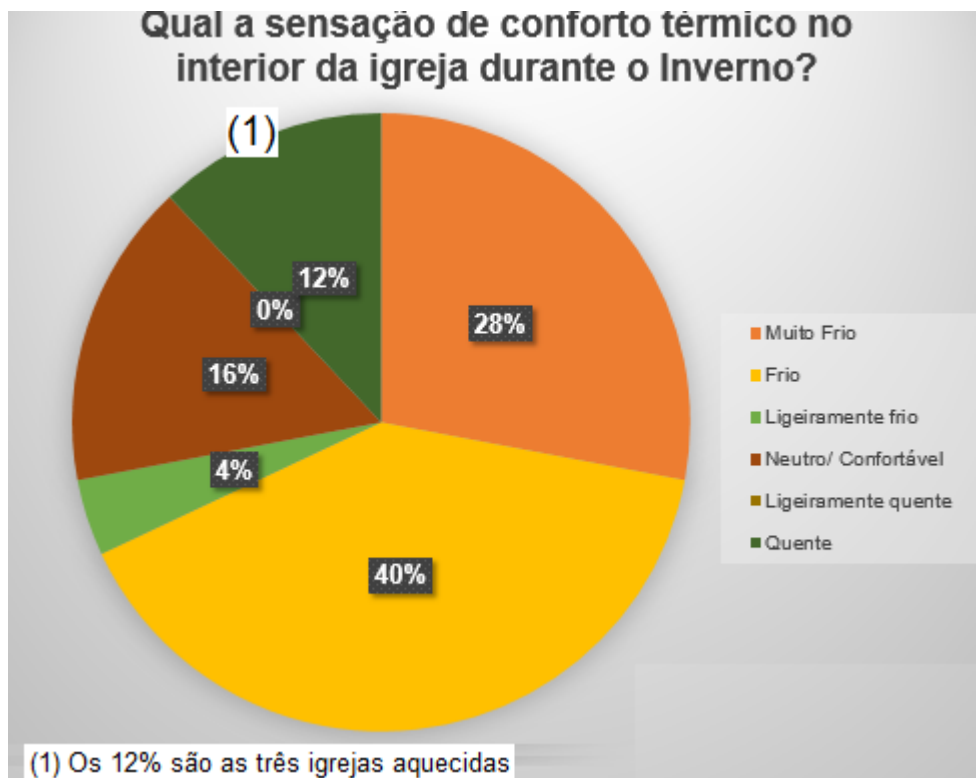


Fig. 3.8 – Sensação de conforto no interior da igreja

Pela visualização do gráfico anterior, é possível constatar que mais de 50% dos inquiridos consideram as igrejas muito frias ou frias. Sendo que a moda desta distribuição é a igreja ser fria, o que nos leva a pensar que o desconforto não é total, mas próximo do total durante o Inverno. Os sacerdotes que responderam que a igreja é quente são responsáveis pelas três igrejas com sistema de aquecimento.

Outro dado importante a relacionar com esta informação é o pé direito e as áreas de pavimento destas igrejas. As igrejas em que os padres consideram “ligeiramente frio” e “neutro/confortável” o pé direito e a área de pavimento da igreja são inferiores em comparação com as restantes igrejas.

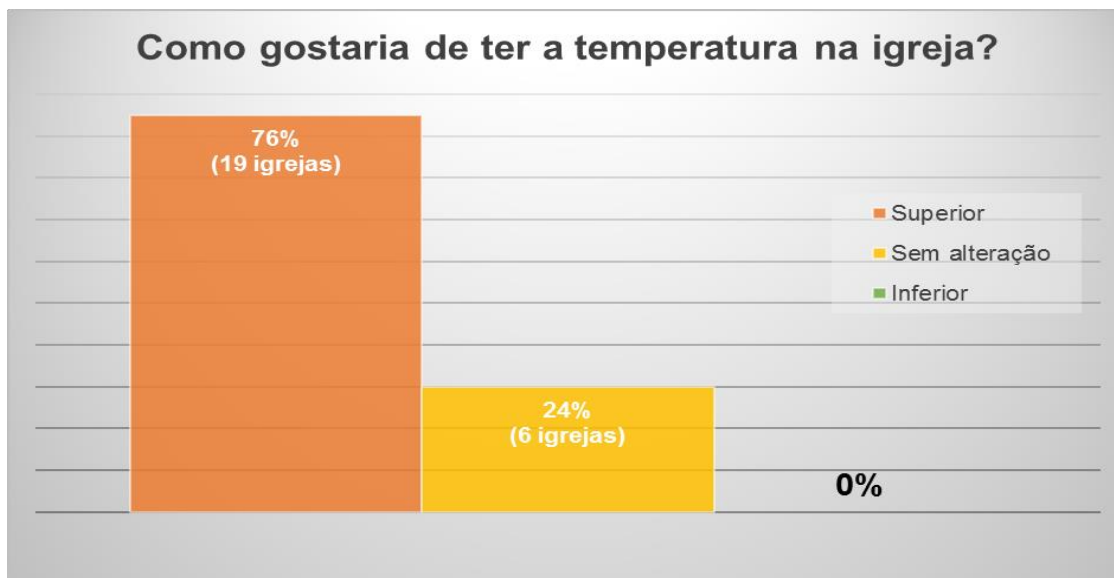


Fig. 3.9 – Alteração da temperatura atual da igreja

Este gráfico reforça a ideia de que a temperatura nas igrejas é baixa, e por isso, os sacerdotes consideram na sua maioria que a temperatura deveria ser superior. Os padres que optavam por não alterar a temperatura são os que expuseram que a temperatura da igreja está “neutra/ confortável” ou “quente”.

3.3.2. TIPO DE PAVIMENTO E IMPORTÂNCIA DA NATUREZA DO REVESTIMENTOS NA SENSAÇÃO DE PÉS FRIOS

O tipo de pavimento usado nas igrejas da vigararia de Trofa/ Vila do Conde é na sua maioria soalho. Para muitos sacerdotes o pavimento é importante para o conforto no interior de uma igreja, e para eles o pavimento que transmite mais conforto é o soalho. Em nenhuma igreja desta vigararia o pavimento foi alterado nos últimos 20 anos, pelo menos não é referido por nenhum padre quando inquiridos das últimas obras realizadas nas últimas décadas.



Fig. 3.10 – Tipo de pavimento nas igrejas

O segundo material mais utilizado como pavimento é o granito. Os padres responsáveis por igrejas com granito comentaram que é bom usar pavimentos em que sejam utilizados granito e soalho. O soalho na zona da nave para os participantes no culto e o granito para a zona do altar mor para tornar mais bonito, colocando carpetes onde estão mais tempo – perto do altar e zona dos assentos.



Fig. 3.11 – Sensação de conforto nos pés no interior da igreja

Como já foi referido anteriormente, a sensação de conforto nos pés é um indicador do conforto do utilizador num determinado lugar. Neste gráfico é perceptível que os padres da vigararia sentem os pés mais frios do que quentes, no entanto, não é grande a diferença entre os padres que consideram que têm os pés frios ou não.

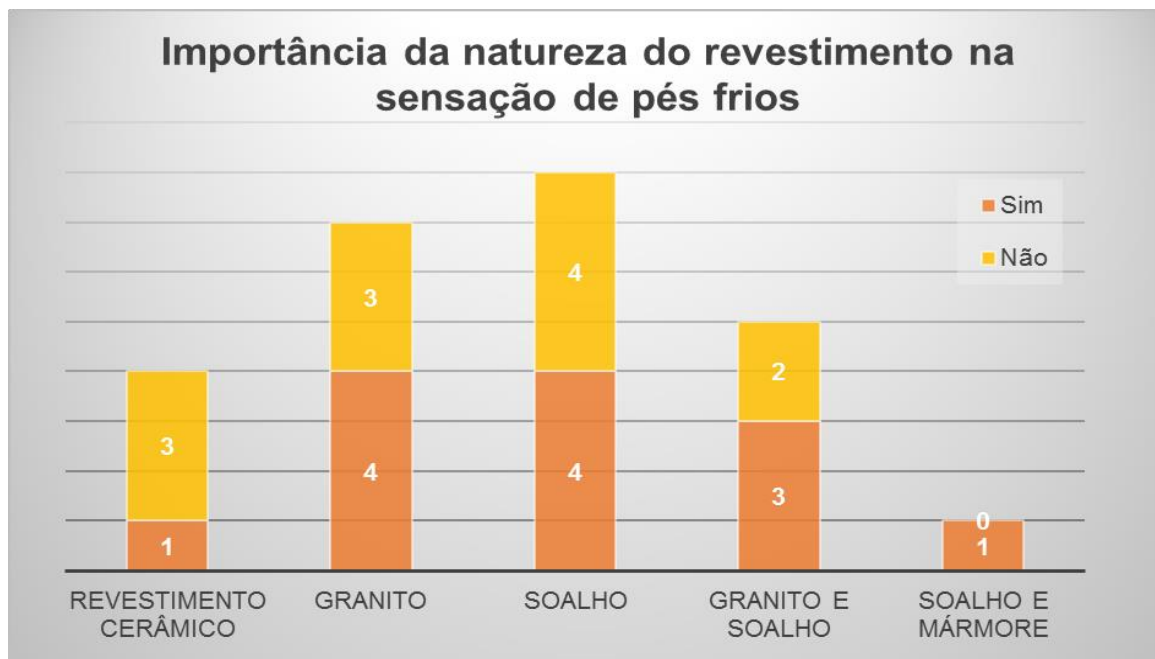


Fig. 3.12 – Importância do revestimento do pavimento na sensação de pés frios

Para tirar conclusões deste gráfico é necessário explicar algumas condicionantes. A nível do granito, nas igrejas em que os padres consideram que não têm os pés frios são igrejas aquecidas, o que altera a ideia desta pergunta. Algumas das igrejas que tem o pavimento soalho possuem caixas de ar por baixo do pavimento, e por isso, este pavimento é afetado pela temperatura do ar que passa por baixo deste. Portanto, depois de consideradas estas condicionantes, é possível concluir que o soalho é sem dúvida o pavimento mais confortável e que o granito é o pavimento menos confortável. Para além disso, o granito é uma pedra que com o desgaste perde a sua cor original e fica mais escura.

3.3.3. EXISTÊNCIA DE AQUECIMENTO E POSSIBILIDADE DA SUA COLOCAÇÃO

Esta dissertação aborda o aquecimento de igrejas, por isso, é necessário entender se existe ou não aquecimento na maioria das igrejas.



Fig. 3.13 – Existência de aquecimento nas igrejas da vigararia Trofa/ Vila do Conde

No entanto, através do gráfico anterior é possível concluir que são poucas as igrejas apetrechadas com sistema de aquecimento. Nesta vigararia apenas três igrejas das vinte e cinco igrejas é que possuem sistema de aquecimento. Por sinal, estas três igrejas não são as maiores da vigararia Trofa/ Vila do Conde.



Fig. 3.14 – Opinião sobre a colocação de aquecimento, caso este não exista

Caso respondam negativamente à pergunta da existência de algum sistema de aquecimento na igreja, é lhes perguntado se consideram necessária a colocação de algum sistema de aquecimento. Pelo gráfico anterior concluiu-se que os padres consideram necessária a existência de aquecimento.

Caso respondam positivamente à pergunta da existência de aquecimento, é lhes perguntado o grau de satisfação do seu uso. A escala é de 1 a 4, em que 1 corresponde a “Muito insatisfeito” e 4 corresponde a “Muito satisfeito”.

O sacerdote responsável pelas três paróquias com aquecimento demonstra-se satisfeito. Não está totalmente satisfeito, porque os sistemas de aquecimento gastam muita energia, e está a procurar alternativas para a fonte de energia de modo a aquecer a água que passa nos radiadores de forma a ter um custo mais baixo.

É de salientar que dois estão discriminados quanto à sua fonte de energia e o terceiro não está. Isto acontece porque não há informação da fonte de energia deste último.

3.3.4. EXISTÊNCIA DE RECURSOS PARA INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO

A instalação de qualquer sistema de aquecimento implica um investimento económico inicial. A cada sistema de aquecimento está associado um custo inicial, mas também um custo previsto a longo prazo para a manutenção deste mesmo sistema de aquecimento. Para além do custo inicial e de manutenção, o custo mensal da energia gasta para o sistema de aquecimento estar em funcionamento tem de entrar em conta.

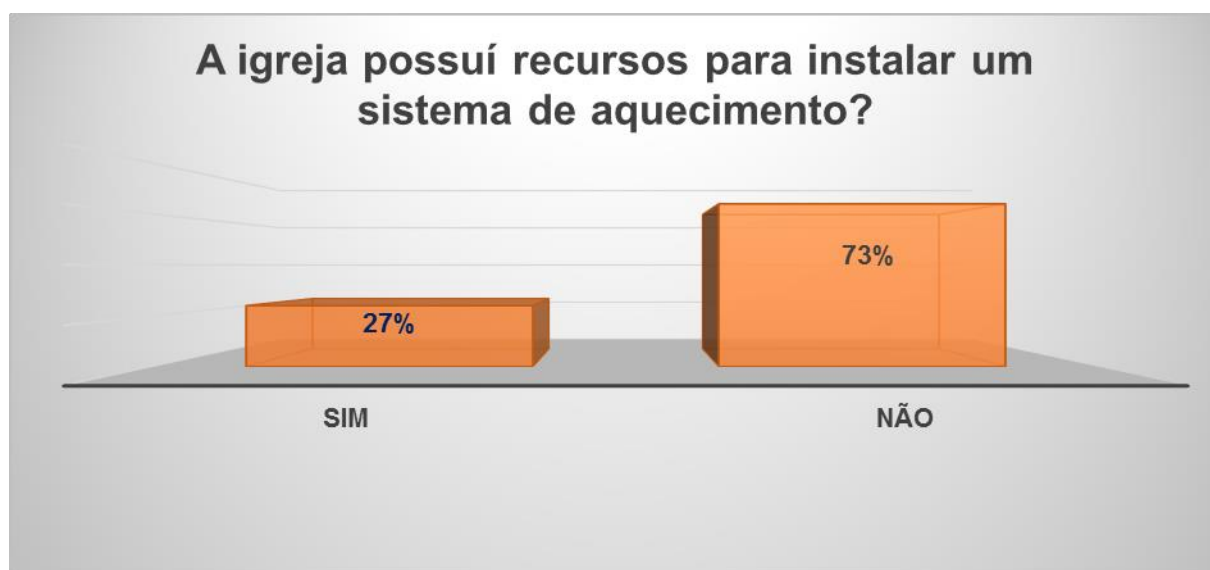


Fig. 3.15 – Existência de recursos para instalar algum sistema de aquecimento

Pelo gráfico anterior, a Igreja não possui recursos económicos para investir num sistema de aquecimento. A maior parte dos padres referiram que estavam a realizar outras obras na paróquia – a nível de centros sociais e construção de capelas mortuárias – e não podem investir num sistema de aquecimento por terem despesas avultadas nessas obras.



Fig. 3.16 – Existência de recursos para manter o sistema de aquecimento

A instalação do sistema de aquecimento nem sempre é o mais difícil. A existência de um investimento inicial é pontual, mas no caso de um sistema de aquecimento tornar-se-ia um investimento a longo prazo na medida em que é necessário pagar a energia gasta a colocar o sistema em funcionamento, e para além disso, esporadicamente a existência de manutenção do sistema implicaria mais gastos económicos.

Pelo gráfico anterior, dos 25 sacerdotes que responderam ao inquérito, 16 consideram não ter recursos para o manter. Portanto, é possível verificar que a maioria dos padres assume não terem recursos para manter o sistema de aquecimento em funcionamento e em bom estado para tal efeito.

Num caso específico de uma paróquia, a existência de zonas ajardinadas provoca gastos mensais para manter e preservar o jardim. Para o sacerdote desta paróquia este facto impede a instalação do sistema devido a não ter como o manter em funcionamento após a sua instalação.

3.3.5. IDENTIFICAÇÃO DAS OBRAS REALIZADAS NOS ÚLTIMOS ANOS

Para a abordagem das remodelações que existiram nas igrejas implicadas neste inquérito, é necessário explicar que nem todos os párocos possuíam informação relativa às últimas obras realizadas e em que ano essas se deram.

Na tabela seguinte são apresentados os elementos da igreja alterados nas últimas obras e o respetivo ano da obra.

Tabela 3.1 – Últimas obras realizadas nas paróquias da vigararia Trofa/ Vila do Conde

| PARÓQUIA | ELEMENTOS DA IGREJA ALTERADOS | ANO DA ALTERAÇÃO |
|----------|-------------------------------|------------------|
|----------|-------------------------------|------------------|

| | | |
|------------------------------|---|--------------|
| Alvarelhos | Renovação do telhado Pintura dos exteriores | 2008 |
| Covelas | Restauro total do interior | Não indicou |
| Guidões | Reparação do telhado Pintura exterior Limpeza do granito exterior Colocação de granito na capela mor | 2011 |
| Árvore | Substituição do telhado Restauro dos pavimentos | 1989 |
| Tougues | Reconstrução total da igreja | 1984 |
| Azurara | Restauro dos pavimentos Remodelação do telhado | 1985 |
| Canidelo | Alargamento do corpo da igreja | 1997 |
| Fajozes | Substituição do telhado | 2014 |
| Fornelo | Substituição do telhado Restauro do teto | 2007 |
| Vairão | Substituição do telhado | 2015 |
| São Romão do Coronado | Substituição do telhado Remodelação dos pavimentos | 2015 |
| Gião | Restauro completo da igreja | Atualmente |
| Malta | Substituição do telhado e pavimento Reparação do reboco exterior | 2010 |
| Modivas | Alteração da sacristia Substituição dos cumes do telhado | 2011 |
| Vilar | Renovação do telhado da igreja e das salas e respetivo isolamento | 2012 |
| Guilhabreu | Substituição do soalho Restauro do douramento | 1968 1982 |
| Mosteiró | Placa de cimento nova no tecto Telhado novo Restauro dos altares (pintura e douramento) | 1990 1998 |
| Macieira da maia | Restauração total (apenas manteve as paredes laterais) | 1994 |

| | | |
|-----------------|--|-------------|
| Retorta | Substituição do telhado | 2012 |
| Mindelo | Substituição do telhado Remodelação do pavimento | Não indicou |
| Vila Chã | Restauro do telhado (Ondulim) Restauro dos altares e respetivo douramento | 2003 |

Pela tabela anterior é possível verificar que as igrejas sofrem poucas obras de restauro e quando são elementos de restauro duram anos até voltarem a ser restauradas. Apenas nos anos 2011 e 2012 é que duas igrejas ao mesmo tempo estavam em restauração.

Um dos sistemas de aquecimento a ser abordado no capítulo seguinte é o piso radiante. É importante avançar que para a instalação deste tipo de sistema a renovação do pavimento é o momento ideal para o instalar. Ao longo da tabela é descrito algumas renovações de pavimento, mas foi comentado pelos párocos que apenas se trata de envernizar os pavimentos de soalho e a limpeza da pedra se se tratar de granito.

As principais alterações existentes nas igrejas são relativas ao telhado. A alteração da telha que estava em mau estado é mais importante do que o aquecimento, pois implica proteger o interior da igreja de infiltrações de água.

A instalação de um sistema de aquecimento na igreja que está atualmente a ser totalmente restaurada foi colocada em hipótese. No entanto, o pároco optou por não instalar nenhum sistema de aquecimento. Segundo o padre, ele viu alguns sistemas de aquecimento a funcionar em algumas igrejas – igreja de Idães (Felgueiras) e a igreja de Rio Mião (Aveiro) – mas reparou que todos os sistemas tinham alguma falha. Uma das falhas descrita por ele é a lenta reação do pavimento radiante na igreja de Rio Mião, e como se necessita de um sistema de aquecimento que funcione apenas para uma ou duas horas em dois dias da semana torna-se pouco vantajoso.

Para concluir, as igrejas têm recebido alguns restauros, mas nunca no sentido da instalação de aquecimento. O pároco das três igrejas que são aquecidas nesta vigararia não tem informações relativas ao ano de instalação destes sistemas.

3.3.6. IMPORTÂNCIA DADA PELO CLERO AO AQUECIMENTO DE IGREJAS

Um dos pontos fundamentais que indica a preocupação do clero quanto ao conforto térmico nas igrejas é a existência de aquecimento. Considerando apenas essa existência ou não de aquecimento concluímos que não há preocupação, visto que na maioria das igrejas da vigararia não existe nenhum sistema de aquecimento.

Apesar disso, pelas respostas obtidas dos padres responsáveis por igrejas que não tem aquecimento, é importante a existência de aquecimento, visto que na sua maioria considera necessária a colocação de um sistema de aquecimento.

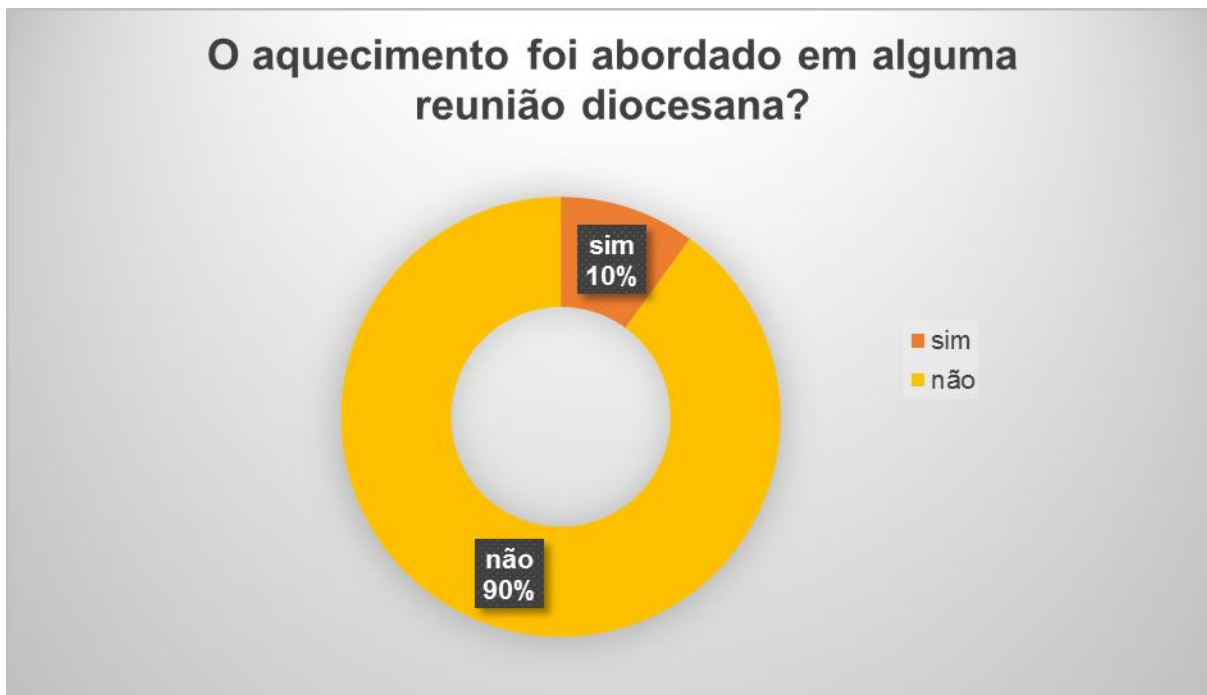


Fig. 3.17 – O tema aquecimento de igrejas foi abordados em alguma reunião diocesana.

Outro ponto fundamental para concluir se o aquecimento é um fator importante, é o diálogo entre os sacerdotes durante as reuniões da vigararia e da diocese. Pelo questionário elaborado em que pergunta se este tema já foi abordado numa reunião diocesana é possível concluir que nunca foi discutido em alguma reunião. Dos 10 padres questionados, 9 padres nunca sentiram este tema tratado na reunião diocesana.

3.4. ANÁLISE CRÍTICA

Pelo inquérito realizado podemos entender que o tema do aquecimento não é de todo um tema importante para os responsáveis pelo culto católico. A prioridade destes nos últimos anos foram a cobertura e a renovação dos altares.

Este tema não passa despercebido pelo facto de nesta vigararia existirem algumas empresas que já tentam comercializar os seus equipamentos de aquecimento. A falta de informação relativa a este tema é um fator relevante para alguns dos padres não avançarem com a instalação. Os aspetos técnico-económicos devem ser mais detalhados. Muitos não têm noção do impacto económico que este tipo de sistema implica. Para além disso, não sabem se a nível social há uma maior participação dos católicos devido à existência de um conforto térmico superior.

Em jeito de conclusão, a síntese de resultados obtidos pelos inquéritos foi:

- Na maioria das igrejas a sensação de conforto é inexistente;
- Os padres consideram necessário aumentar a temperatura da igreja, visto que a maioria tem os pés frios durante as celebrações;
- 88% das igrejas da vigararia Trofa/ Vila do Conde não tem aquecimento, mas das 22 igrejas sem aquecimento, os padres de 15 igrejas consideram necessária a sua colocação;

- O padre responsável pelas 3 igrejas com aquecimento considera os sistemas de aquecimento satisfatórios;
- Os padres alegam que não existem recursos para instalar e manter os sistemas de aquecimento, visto que realizam outras obras que consideram mais urgentes;
- Apesar da pouca informação que os padres têm, na sua generalidade, o tema do aquecimento nunca foi abordado numa reunião diocesana.

4

SISTEMAS DE AQUECIMENTO

4.1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de aquecimento tornam possível a melhoria do conforto térmico nos ambientes interiores. Sendo assim, as igrejas ao possuírem um sistema de aquecimento proporcionam melhores condições aos praticantes do culto.

Neste capítulo serão descritos alguns sistemas de aquecimento passíveis de serem instalados nas igrejas, como é o caso do ar condicionado, radiador, pavimento radiante, infravermelho, convetores e o aquecimento nos bancos.

Uma instalação de aquecimento reúne as seguintes funções essenciais para o aquecimento das igrejas: produção do calor, armazenamento e emissão do calor. A energia para o aquecimento pode ser obtida por diversas fontes: eletricidade, painéis solares, combustão, entre outros. A produção do calor é feita através da transformação dessas fontes em calor. O armazenamento de energia depende da resistência à transferência de energia que cada sistema tem. A emissão do calor pode ser feita através de condução, convecção e radiação.

A condução é um processo de transferência de energia unidirecional de um corpo quente para um corpo frio. A condução é definida como sendo a taxa de energia transportada através de um sólido [8]. A um material com uma determinada temperatura corresponde um estado de agitação molecular, e a agitação é maior quanto mais alta for a temperatura. Compreende-se que para a possibilidade de ocorrer condução entre os corpos é necessário contacto físico entre os corpos [19]. Segundo Fourier, o fluxo de calor numa dada direção é proporcional ao gradiente de temperatura nessa mesma direção. Nesta formulação existe uma constante de proporcionalidade que corresponde à condutibilidade térmica do material em causa. Esta propriedade é característica própria de cada matéria e traduz a forma como este se deixa atravessar pelo calor. A unidade que representa esta característica é a quantidade de calor que atravessa a espessura do material por unidade de área e unidade de diferença de temperatura [5].

A convecção combina o processo de transferência de energia por condução térmica com o movimento de massa (considerando deslocamento de partículas). Devido a este facto, este tipo de transferência de energia apenas existe através de fluidos: líquidos e gases.

A radiação é um processo de transferência de energia entre duas superfícies, estando uma a elevada temperatura e a outra a reduzida temperatura, e estando estas superfícies separadas no espaço, existin-

do ou não vácuo entre elas. A energia transferida é denominada por radiação térmica e é efetuada através de ondas eletromagnéticas.

4.2. AR CONDICIONADO

4.2.1. O SISTEMA

O Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) refere as quatro funções básicas e principais destinada ao conforto interior e qualidade do ar interior [25]. O objetivo do projeto de sistemas de AVAC é equilibrar o conforto ambiental com outros fatores como os custos de instalação, a facilidade de manutenção e a eficiência energética [26].

O primeiro aquecimento central é “hypocauste” dos romanos. A sala de estar é construída sobre uma estrutura em alvenaria de pedra, constituindo uma caixa de ar entre o solo e aquela, onde se queimava o carvão a lenha e circulavam por convecção natural os fumos por ductos verticais localizados nas periferias da casa com aberturas na parte superior [27].

No início do século XX, nos Estados Unidos da América, surgem os primeiros aparelhos de ar condicionado com baterias de pré-aquecimento, reaquecimento e caixa de humidificação construídos por W. H. Carrier, que é considerado o pai do ar condicionado [27].

4.2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

Os sistemas de ar condicionado englobam uma variedade de conceitos de Engenharia Mecânica tais como os princípios da mecânica de fluídos, transferência de calor e termodinâmica e são constituídos por equipamentos mecânicos e elétricos. A nível de componentes mecânicas engloba ventiladores, bombas, tubagem, condutas, entre outras e a nível de componentes elétricas possui motores, variadores de velocidade ou frequência, reguladores, sensores e outros [25].

O sistema de ar condicionado tem como objetivo absorver energia dum lugar e libertá-la noutra. O ar condicionado funciona através da remoção de calor. A definição de frio é a de “ausência de calor” e todos os sistemas de ar condicionado funcionam segundo esse princípio básico. O calor pode ser removido através do conhecido “ciclo de refrigeração”. Os meios de condução são denominados de “refrigerantes” e podem ser água, ar, gelo ou químicos.

Para este processo ser exequível é necessária uma unidade interna, uma unidade externa e os tubos de cobre a ligar as duas unidades. Através desses tubos é conduzido o fluido refrigerante que circula entre as duas unidades. Este fluido é o responsável por absorver a energia de uma unidade e liberta na outra.

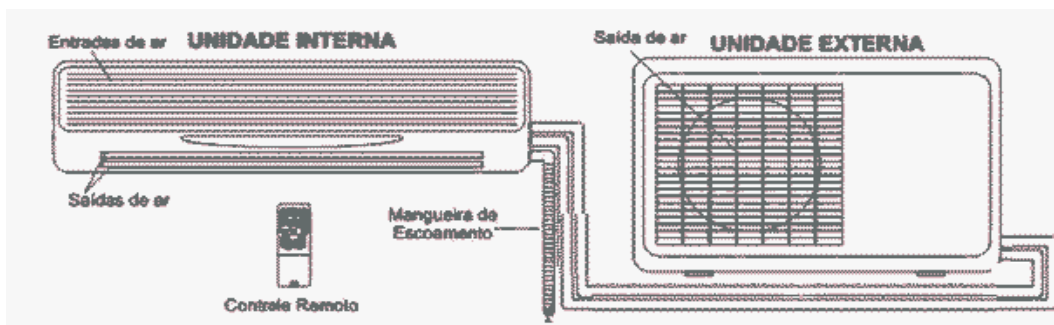


Fig. 4.1 – Sistema de ar condicionado [38]

4.2.3. MODELOS DE AR CONDICIONADO



Fig. 4.2 – Modelos de ar condicionado, adaptado de [37]

Os tipos de ar condicionado que existem são os seguintes: a) janela, b) split, c) split hi-wall, d) multi-split, e) split cassette e f) split piso-teto. Os melhores modelos para serem instalados nas igrejas são os split, mas o número de dispositivos instalados depende da área a que estão destinados e do local onde serão instalados [37].

4.2.4. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Os principais trabalhos a executar nas instalações de AVAC são o projeto dos AVAC tendo em conta o espaço ocupado pelas respetivas tubagens; montagem das condutas (apoios e alinhamentos de suporte), das tubagens (afixação das tubagens e montagem dos respetivos acessórios) e dos equipamentos (colocação conforme o projeto dos equipamentos e apoios antivibráticos e estabelecer as ligações elétricas necessárias). Para finalizar são realizados ensaios para comprovar que o sistema foi bem instalado [29].

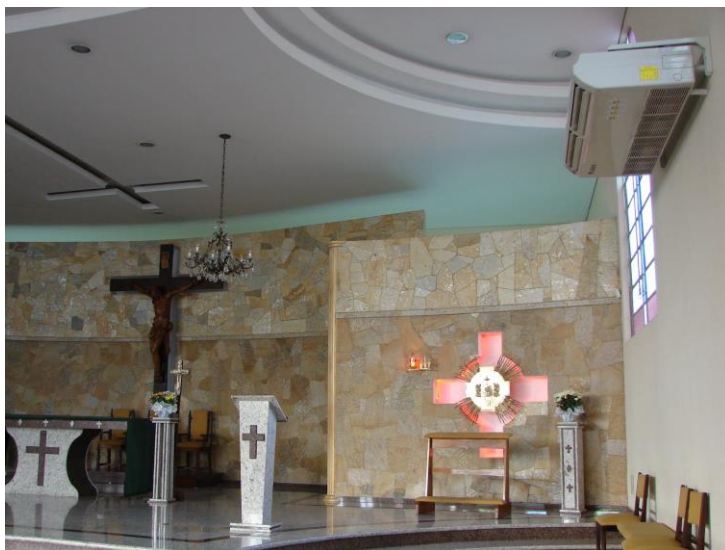


Fig. 4.3 – Igreja de Blumenau (Brasil) [39]

4.2.5. VANTAGENS E DESVANTAGENS

O ar condicionado permite criar o conforto que o utilizador pretende, pois dá a possibilidade de ajustar a temperatura em qualquer altura do dia [28].

Multiplicidade de funções é uma das vantagens deste sistema, porque permite regular a temperatura, controlar a humidade e filtrar o ar [28].

Este sistema permite a limpeza do ar interior ao criar as correntes convectivas nos espaços permitindo melhor estado de saúde dos utilizadores [28].

A primeira desvantagem é o custo de exploração deste sistema em Portugal. O nosso país é dos países da União Europeia com o preço da energia mais elevada e contraria o sentido descendente que ocorre na Europa [28].

Outra desvantagem é o não aconselhamento por parte dos especialistas a instalar este tipo de sistema com a presença de pessoas com problemas respiratórios devido à variação causada pela circulação artificial de ar [28].

A manutenção é um fator inevitável para qualquer sistema que como já foi dito envolva componente elétrica e mecânica. A cada aparelho de ar condicionado é atribuído uma vida útil pelo seu fabricante [28]. Para além disso, é necessário a mudança de filtro regularmente.

A instalação deste sistema provoca alterações nas paredes para a passagem de condutas, e necessita de espaço para a instalação das condutas alterando a arquitetura do local em causa.

O edifício para qual este trabalho é realizado é caracterizado por pé direitos elevados, e para este tipo de edifício este sistema não é aconselhável porque apenas aquece uma zona intermédia e torna as temperaturas do chão e do tecto díspares.

4.3. RADIADORES

4.3.1. O SISTEMA

Na década de 1880, o inventor Karl Benz construiu “carruagens sem cavalos” – o precursor dos carros. Usavam simples motores de combustão interna que aqueciam demasiado, e para combater este facto Benz desenvolveu um sistema de tubos em espiral em que a água aquecia passando o motor, mas esfriava antes de voltar ao motor provocando uma descida da temperatura do motor e aumentando o seu rendimento [31].

4.3.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

Os radiadores podem funcionar para arrefecimento (causa pela qual apareceram), mas funcionam também para aquecimento, e dado o tema desta dissertação apenas iremos referir o funcionamento de radiadores destinados ao aquecimento.

Geralmente, os radiadores estão ligados a um circuito de aquecimento central. Este circuito de aquecimento central é constituído por uma fonte de energia (gás, electricidade, biomassa, entre outros), respetivas tubagens e emissores de calor (neste caso, os radiadores).

Nesta primeira abordagem apresentamos os tipos de circulação existentes com radiadores que funcionam em aquecimento central. Existem dois tipos de circulação num sistema central: bi-tubo e mono-tubo.

A circulação bi-tubo, como pelo próprio nome indica, é constituída por um sistema de tubos paralelos. Neste sistema um tubo de saída da fonte de energia alimenta todos os radiadores e um tubo de retorno recolhe a água de cada radiador de volta à fonte de energia. Na circulação bi-tubo destaca-se também o esquema de retorno invertido e a única diferença entre o anterior e este é que o tubo de retorno apenas inicia no radiador após a fonte de energia [30].

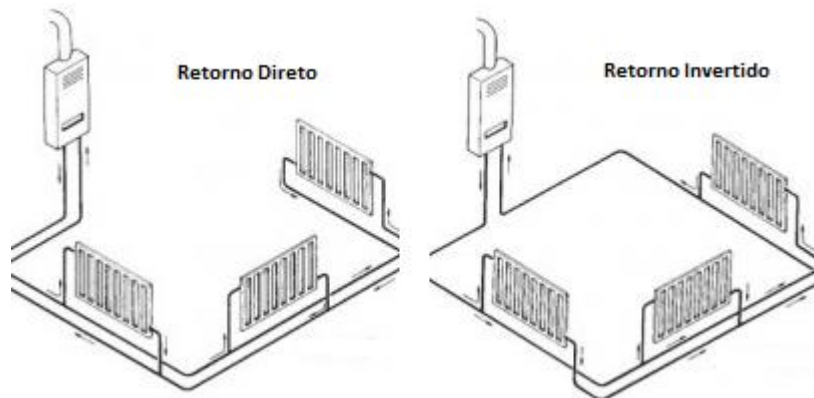


Fig. 4.4 – Tipos de sistema em bi-tubo, adaptado de [30]

A circulação mono-tubo caracteriza-se por uma ligação da tubagem em série, em que a tubagem tem de ser colocada mais baixa que os radiadores e funciona através da força termodinâmica.

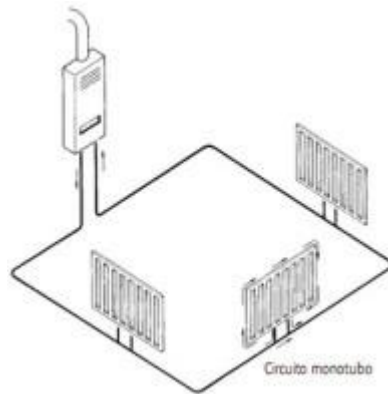


Fig. 4.5 – Sistemas de mono-tubo ou Tiechelman, adaptado de [30]

Numa segunda abordagem, os radiadores podem funcionar individualmente. Este tipo de sistema pode ser alimentado por corrente elétrica que provoca o aquecimento de uma resistência que aquece o fluido no seu interior e emite calor através da área de exposição do radiador.

A distribuição do calor não é feita apenas por radiação – o nome cria uma noção errada – a maior parte do calor é transferido por convecção e a restante parte é por radiação. A temperatura perto do radiador atinge o valor que quisermos e que o sistema está preparado, mas através das correntes convectivas a temperatura começa a reduzir na própria subida, provocando desconforto no lado contrário ao radiador.

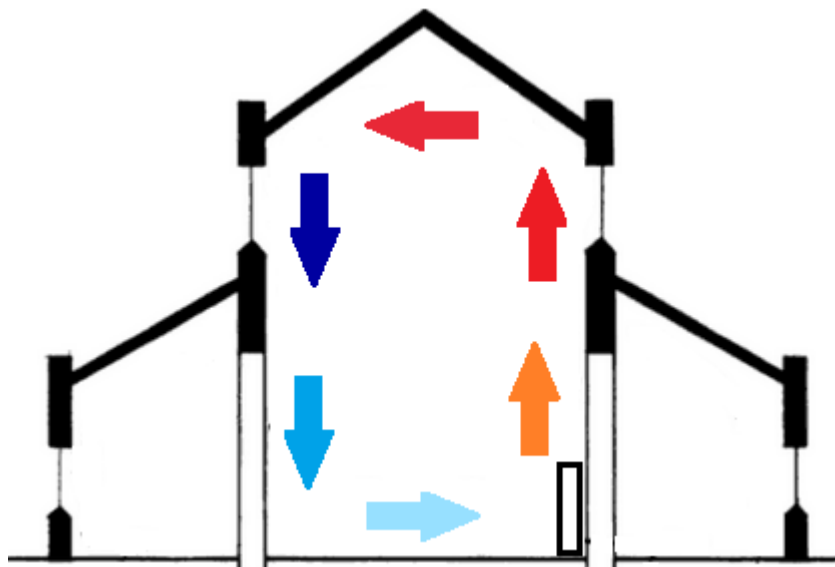


Fig. 4.6 – Distribuição do calor numa igreja através de um radiador

4.3.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens deste tipo de sistema, é tratar-se de um sistema silencioso, que ao contrário da maioria dos sistemas de aquecimento, os radiadores não criam ruído durante o seu funcionamento. Outra característica importante é a possibilidade de adaptar-se à temperatura que for necessária em cada local e a sua vida útil é enorme. Este sistema permite adaptar-se facilmente à arquitetura dos edifícios, porque existem no mercado vários tamanhos e espessuras de radiadores. Em caso de queda o reservatório

mantém a estanquidade. Os radiadores são “saudáveis”, isto é, não queimam oxigénio nem produzem dióxido de carbono

As desvantagens que este sistema proporciona são as seguintes:

A existência de ar na tubagem do sistema de aquecimento impede o aquecimento uniforme em toda a área superficial do radiador. O ph da água que circula no radiador tem de ter um determinado valor (aconselhado entre 7 e 8), caso contrário, o aparelho pode deixar de funcionar. A sincronização entre o radiador e o aparelho de aquecimento deve estar bem regulada para aumentar a eficiência e diminuir os gastos energéticos.

O processo de instalação deste sistema em edifícios já construído implica a abertura de roços nas paredes para a inserção da tubagem necessária e colocação dos radiadores. Para além disso, é necessário um espaço destinado aos equipamentos de produção de energia que abastece o sistema.

4.4. PAVIMENTO RADIANTE

4.4.1. O SISTEMA

O pavimento radiante é utilizado desde os anos 100a.C., sendo aplicados pelos norte coreanos para melhorar o conforto térmico nas regiões mais frias do país. A cozinha era construída estrategicamente no piso inferior da edificação para que o calor resultante do cozinhar fosse usado para o aquecimento da casa. Na atualidade o pavimento radiante tem ganho vantagens competitivas em relação aos outros tipos de aquecimento [22].

O pavimento radiante pode funcionar para aquecimento e arrefecimento. Neste trabalho apenas será abordado o seu funcionamento na perspetiva do aquecimento.

Um painel radiante é uma superfície normalmente plana que permite a transferência de energia em forma de radiação no mínimo de 50% da energia produzida total destinada ao aquecimento. Os painéis são unidades montadas na superfície ou incorporadas, que podem ter tubulações de água quente, cabos elétricos, fios e até tapetes [19].

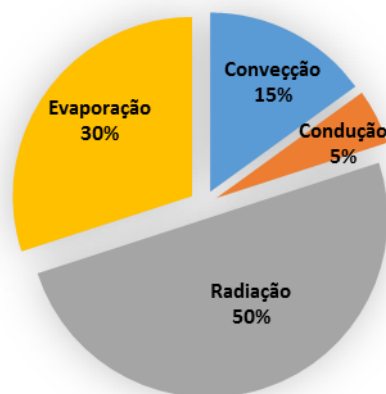


Fig. 4.7 – Mecanismos de transferência de energia, dados obtidos de [21]

4.4.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

O pavimento radiante provoca o aquecimento do chão através dos seus cabos ou tubos permitindo uma estratificação da temperatura no interior. Na proximidade ao chão a temperatura é mais alta, mas não

provoca um sobreaquecimento nem temperaturas muito elevadas quando em contacto com o acabamento do pavimento (madeira, cerâmicos, entre outros...).

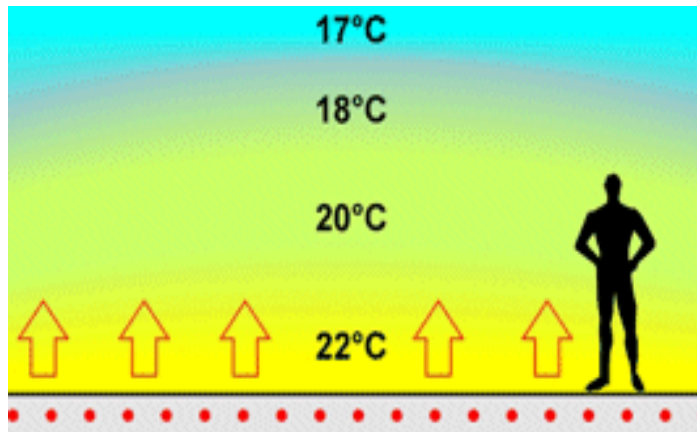


Fig. 4.8 – Estratificação da temperatura com o pavimento radiante [40]

Para atingir o conforto térmico o ideal é uma temperatura em sentido ascendente em que o ponto de acumulação deve ser localizado perto da nuca (1,5 m a cima do piso deve ter 18,5°C no mínimo). A temperatura máxima indicada na norma internacional é de 26,5°C.

Os pavimentos radiantes bem planeados consideram as diferentes utilidades das várias secções do edifício, conseguindo alterar as temperaturas em cada seção para proporcionar o conforto necessário. No caso de igrejas tem-se em consideração a igreja em si, a sacristia, sala de reuniões, entre outras. Nesta dissertação apenas se irá abordar a igreja em si.

4.4.3. MODELOS DE PAVIMENTO RADIANTE

A nível geral, o pavimento radiante tem três formas de acondicionar a energia: piso radiante a ar quente, elétrico e hidráulico. Nesta dissertação optou-se pela descrição dos três tipos, mas apenas iremos estudar os pavimentos radiante elétricos e hidráulicos visto serem os mais eficazes e mais utilizados.

4.4.3.1. Pavimento radiante a ar

O pavimento radiante a ar utiliza uma fonte de energia convencional que provoca o aquecimento do ar existente nas tubagens distribuídas ao longo do pavimento. Este sistema é pouco rentável visto que o ar não consegue manter grandes quantidades de calor. Este facto provoca a pouca ou quase nula aplicação deste sistema nos edifícios. Em último caso, recorre-se à combinação com sistemas de aquecimento solar, mas apenas funcionará durante o dia [20]. Sendo assim, não se abordará este tipo de pavimento radiante visto não ser de estimulante escolha.

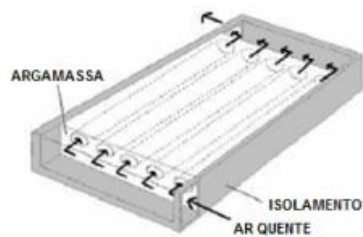


Fig. 4.9 – Esquema da tubagem do pavimento radiante a ar [20]

4.4.3.2. Pavimento radiante elétrico

O aquecimento por pavimento radiante elétrico consiste na colocação de uma rede de cabos colocados de forma uniforme por debaixo do pavimento do edifício ou por película de carbono. Esta rede funciona acionando resistências elétricas embutidas no piso tornando o pavimento todo uma fonte emissora de calor.

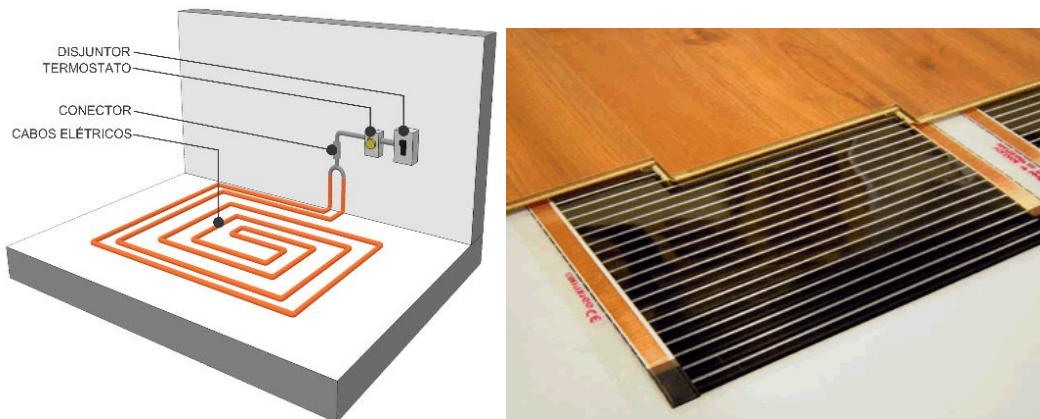


Fig. 4.10 – Esquema do pavimento radiante elétrico por resistências (esquerda) e película de carbono (direita) [41 e 42]

A temperatura do chão pode ser regulada automaticamente através de termostatos. A regulação automática compreende simultaneamente a temperatura externa e a temperatura na betonilha; comparando-as e adaptando conforme a temperatura externa. Este sistema de regulação permite a poupança de energia.

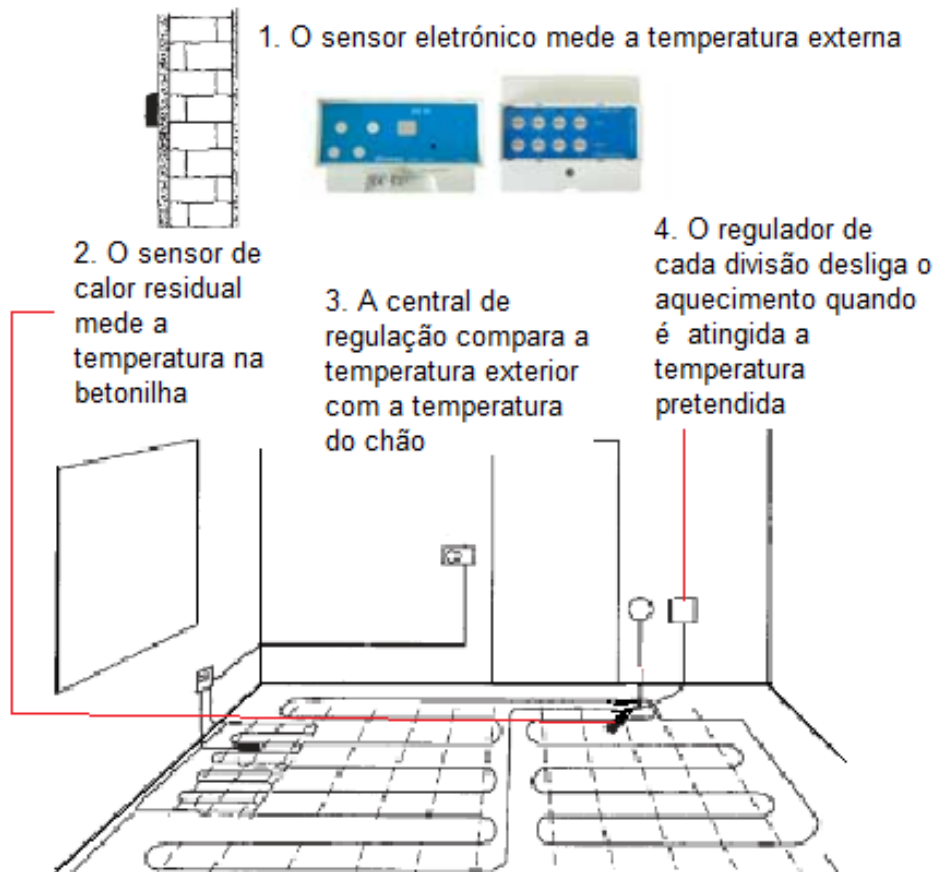


Fig. 4.11 – Sistema de controlo da temperatura do pavimento radiante elétrico, adaptado de [44]

4.4.3.3. Pavimento radiante hidráulico

O pavimento radiante hidráulico no modo aquecimento impulsiona a água a uma temperatura quente moderada através de circuitos de tubos ao longo do chão.

Os tubos envolvem-se numa camada de argamassa que se situa sob o pavimento. Esta irá absorver a energia térmica dissipada pelos tubos e transmiti-la para o pavimento que por sua vez emite a energia para o local através de radiação e convecção natural.

Os circuitos emissores partem dos coletores de alimentação e retorno onde o caudal é regulado e impulsionado em função das necessidades térmicas de cada local. O aquecimento desta água pode ser feito recorrendo a diversas formas de energia (gás, eletricidade, lenha, entre outros). A água que percorre estes tubos atinge uma temperatura situada entre os 35°C e os 55°C transmitindo para o chão a uma temperatura de 19 a 26°C.

Nos esquemas do pavimento radiante hidráulico são representados os geradores de calor (painéis solares, bombas de calor, caldeiras...), as sondas, os diferentes circuitos de distribuição de calor existentes e os componentes hidráulicos: as bombas de circulação, as diversas válvulas, os permutadores de calor, os vasos de expansão. Cada elemento deste circuito é definido através das necessidades e características de cada troço.

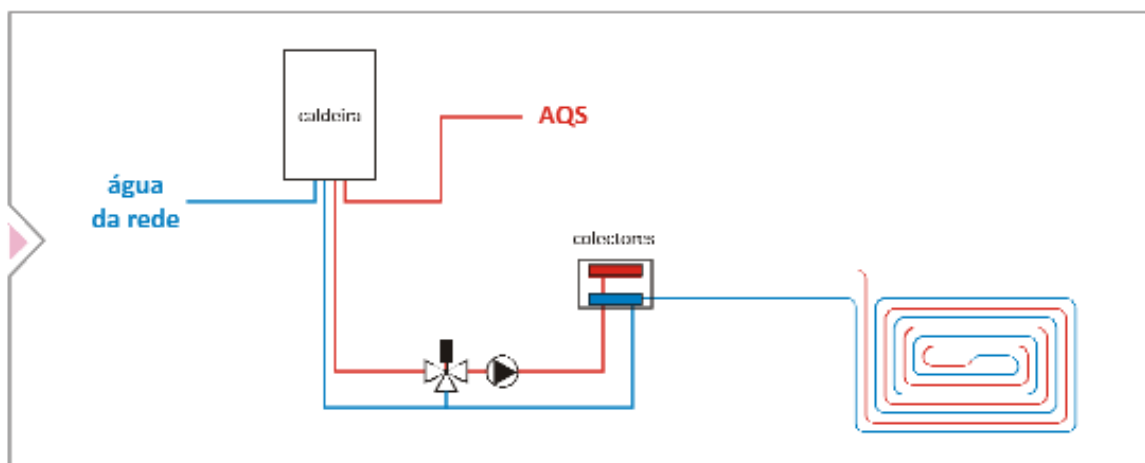


Fig. 4.12 – Esquema de um pavimento radiante hidráulico, adaptado de [45]

Atualmente é possível controlar a temperatura ambiente de cada compartimento de forma independente, bastando para isso usar um termostato por cada divisão fazendo uso de circuitos hidráulicos independentes controlados por uma electroválvula.

Há a possibilidade de associar coletores solares que aumentam consideravelmente o rendimento do pavimento radiante hidráulico já que este funciona a temperaturas relativamente baixas. Mas, como estamos a tratar de igrejas que tem um funcionamento intermitente torna impensável a sua utilização.

Os principais parâmetros de projeto de um piso radiante são a distância entre as tubagens, diferença de temperaturas entre a água que entra e a água que sai (caso se trate de um pavimento radiante hidráulico) e a disposição das tubagens.

4.4.4. TIPOS DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE

Este sistema de aquecimento baseia-se na radiação de calor causando o aquecimento do ar em contacto com o solo. É compatível com qualquer tipo de material de acabamento: cerâmicos, tijoleira, mármore, madeira, entre outros. O tipo de acabamento de superfície influencia a temperatura possível de alcançar, o tempo que o sistema demora a atingir uma determinada temperatura pré-estabelecida.

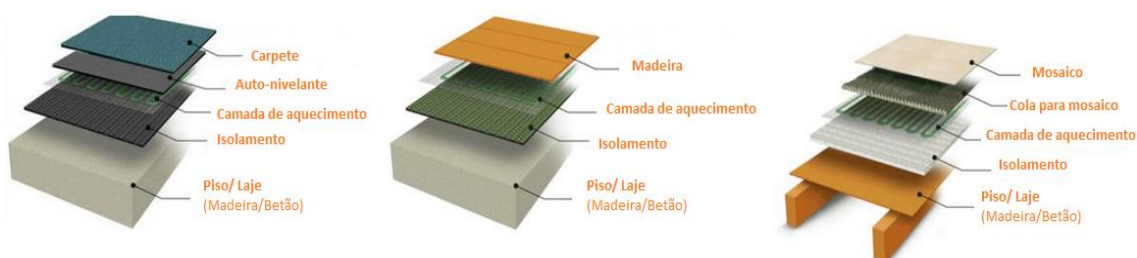


Fig. 4.13 – Pavimentos e suas componentes: a) carpete, b) madeira e c) cerâmico, adaptado de [43]

As propriedades dos revestimentos que proporcionam uma melhor ou pior eficiência é a sua condutibilidade térmica e emissividade. Os materiais mais condutivos permitem uma resposta mais rápida do piso requerendo menor temperatura. Para além disso, permitem que as lajes desempenhem a função de reservatórios de calor [22].

Por outro ponto de vista, a sensação tátil também é importante, porque caso o sistema se encontre desligado os diferentes acabamentos têm diferente efetividade a retirar o calor do corpo. Elder e Vandenberg definiu uma escala que descreve a sensação tátil de cada material. A cerâmica, pedra natural, piso à base de cimento e piso metálico são considerados revestimentos frios. Entre os revestimentos levemente frios está a madeira e entre os revestimentos quentes são considerados os revestimentos têxteis.

No caso dos materiais de origem mineral como a mármore ou a cerâmica a resposta é mais rápida que o caso de revestimentos provenientes de materiais como a madeira ou tecido por ter uma menor resistência térmica, como comprovam os resultados obtidos por Risueño [19]. Para além de Risueño, Mingqing através de ensaios laboratoriais testou o revestimento de madeira e o revestimento de cerâmica e verificou o mesmo, isto é, para o ar interior a cerâmica proporciona uma melhor transferência de calor.

Estes conceitos estão todos provados pela termografia. A termografia é uma metodologia de ensaio não destrutiva em tempo real. Esta técnica tem como objetivo avaliar o teor de humidade superficial, avaliar o funcionamento de pavimentos radiantes e avaliar o conforto de diversos pavimentos. Através da termografia é possível retirar a seguinte imagem recolhida de uma pegada de pé em contacto durante 2 minutos com os respetivos materiais.

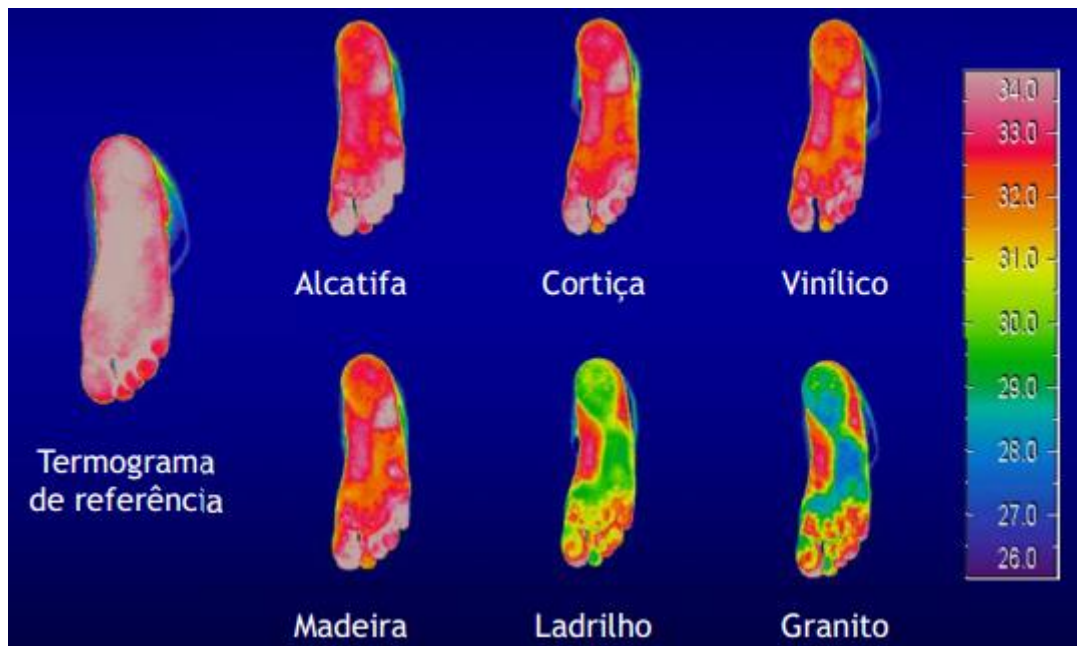


Fig. 4.14 – Avaliação do conforto dos revestimentos através da termografia, adaptado de [46]

Com esta imagem é possível avaliar os revestimentos mais confortáveis pela ordem decrescente de conforto: alcatifa (melhor conforto), cortiça, madeira, vinílico, ladrilho cerâmico e granito (pior conforto).

Se a superfície de acabamento for de madeira é necessário ter em conta a variação dimensional da madeira. Para evitar patologias relacionadas com este facto é necessário criar juntas de dilatação no pavimento.

Nesse sentido é recomendado evitar pisos com alta resistência térmica, porque obriga a uma maior temperatura no sistema de aquecimento, aumentando os gastos energéticos para obter essa temperatura superior.

4.4.5. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Para a instalação do pavimento radiante, os componentes mais importantes e que definem a altura total do pavimento são a camada de isolamento e a laje de cimento. O piso de caráter hidráulico necessita de uma altura total de, aproximadamente, 10 centímetros.

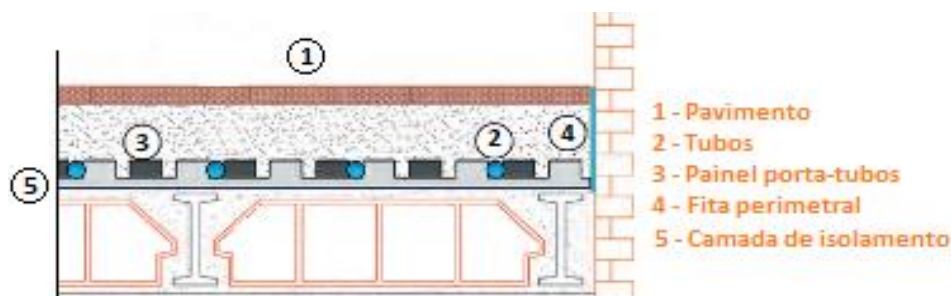


Fig. 4.15 – Corte de um pavimento radiante hidráulico, adaptado de [19]

A camada de isolamento colocada por cima da base (betão, tijolo...) tem uma espessura entre 35 a 50 milímetros. Por cima desta camada, há duas opções principais: colocação de painel preparado para fixar e traçar o caminho dos cabos elétricos ou tubos de água ou simplesmente colocar rede de fios, no caso do pavimento elétrico, e os tubos de água de uma forma aleatória. Posteriormente, estas placas são cobertas por uma camada de betão ou na inexistência delas apenas é aplicada uma camada de betão. Estas placas tem as respetivas dimensões dadas pelo seu fornecedor e a camada de betão tem uma espessura mínima de 30 a 40 milímetros e uma espessura máxima de 50 a 60 milímetros. A cima destes valores esta camada aumenta a inércia do pavimento e reduz a eficácia do funcionamento deste tipo de sistema. A camada de betão torna possível manter a temperatura perto do solo de forma constante, e diminuindo a probabilidade da criação de fissuras. Para a colocação do painel porta-tubos ou dos cabos elétricos tem se em consideração se se trata de um material pouco flexível ou não; e caso não seja flexível tornar as superfícies de colocação o mais regulares possível. Após a escolha estar feita, colocar os tubos que assumem uma forma dada pela placa caso esta seja colocada, ou uma forma indicada no projeto.

O pavimento radiante hidráulico, se se tratarem de tubos de descarga de PVC não há necessidade de grandes manutenções e é de fácil de instalação. Uma possibilidade a executar é contornar os tubos com a fita perimetral evitando a criação de pontos de temperaturas disformes e absorção das dilatações.

Para o pavimento radiante elétrico é necessário ter cuidado com o traçado dos fios dos sensores responsáveis por indicar a temperatura do pavimento, pois estes não aguentam a temperatura produzida.

A colocação da fita perimetral é importante, porque permite as dilatações do peso devido às diferenças de temperatura.

4.4.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS

A nível geral, as vantagens que este sistema apresenta são as seguintes:

Económico: os utilizadores deste sistema podem conseguir poupanças energéticas entre os 25% - 30% em comparação com os sistemas tradicionais de aquecimento (como por exemplo radiadores). O piso

radiante permite a redução drástica das perdas de calor. Nas instalações de maior dimensão (por exemplo em empresas e pavilhões desportivos) é possível atingir percentagens de poupança superiores sobretudo quando se encontra associado a sistemas de energias renováveis. Este sistema de aquecimento não carece de manutenção especial. Pela flexibilidade dos vários materiais, o projeto é sempre diferente em cada instalação.

Saudável: como este sistema trabalha com baixas temperaturas não se gera correntes de ar quente que tornam o ar seco e evitam também a movimentação do pó, tornando-se assim ideal para as pessoas que sofram de alergia.

Seguro: nos sistemas tradicionais existe um elevado risco de ocorrência de queimaduras nas crianças. A utilização deste sistema pode eliminar esse risco e assim transmitindo uma maior segurança aos pais. As resistências instaladas no chão funcionam com baixa voltagem e estão bem isoladas. Por isso, o aquecimento por piso radiante é 100% seguro.

Confortável: Este sistema é o que mais se ajusta a temperatura ideal para o corpo humano, proporcionando um maior conforto aos seus utilizadores tanto no Inverno como no Verão.

Temperatura Uniforme: neste sistema a superfície do solo de um edifício será o principal responsável, vai permitir que haja uma distribuição uniforme do calor no período de aquecimento e absorver o calor em período de refrescamento, evita assim as zonas quentes e frias que são características dos sistemas convencionais e que se tornam desgráveis para os utilizadores.

Invisível: A instalação deste sistema não fica visível, só se irá sentir o conforto em termos de aquecimento. Para as pessoas que possuem um sentido estético mais apurado, este será o sistema ideal pois não vai condicionar a escolha da decoração a colocar no edifício.

Ecológico: O piso radiante é amigo do ambiente, na medida em que a sua utilização não gera fumos nem gases para a atmosfera. Este sistema de aquecimento é encarado como o mais saudável uma vez que não queima o oxigénio, nem polui o ambiente e tem a máxima eficiência energética.

A nível geral, a desvantagem deste tipo de sistema é que são lentos a reagir e a ajustar as temperaturas ambiente, o que não é vantajoso para edifícios energeticamente eficientes que possuem necessidades de aquecimento reduzidas ou muito moderadas. No caso de Portugal, este sistema apenas é vantajoso em edifícios pouco eficientes energeticamente, como é o caso das igrejas.

Porém, ainda é possível fazer uma comparação mais detalhada dentro dos pavimentos radiantes, comparando o elétrico com o hidráulico.

O pavimento radiante elétrico possui como vantagem em relação ao pavimento radiante hidráulico a inexistência de reservas de combustíveis e caldeiras ou sistema de caldeiras e tubagens auxiliares. O pavimento radiante hidráulico tem como vantagem principal a diversidade de fontes de energia: eletricidade, gás, aproveitamento de energias renováveis, bombas de calor, entre outras.

4.5. AQUECIMENTO POR INFRAVERMELHO

4.5.1. O SISTEMA

O espectro visível foi descoberto por Newton em 1664 quando decompôs a luz solar por meio de um prisma, projetando-a numa tela. Mais tarde, em 1800, o inglês astrónomo William Herschel repetiu a experiência, mas com o objetivo de entender qual a parte do espectro visível que permite um maior aquecimento. Então, foi aí que descobriu que o aquecimento era mais eficaz à medida que se aproxi-

mava do vermelho mais escuro. Portanto, foi descoberta a radiação infravermelha, como uma parte do espectro que serve para o aquecimento.

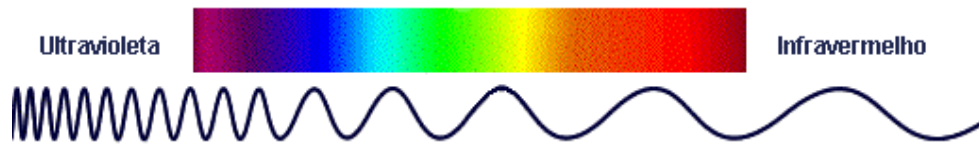


Fig. 4.16 – Espectro visível [48]

4.5.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

A radiação eletromagnética infravermelha é ligeiramente mais longa que a luz visível, isto é, situa-se entre o espectro da luz vermelha e as ondas micro-ondas. Por ser uma onda eletromagnética não necessita de um meio para se propagar.

Os painéis de infravermelho praticam o princípio de distribuição de ondas de calor, isto é, a energia elétrica é transformada diretamente através de uma rede de carbono ou camadas de grafite em emissões de energia infravermelha pura.

Esta forma de transmissão não aquece apenas o corpo, mas todo o mobiliário presente, paredes, tecto, etc. Os objetos refletindo o calor para o ambiente proporcionam uma temperatura mais agradável [23].

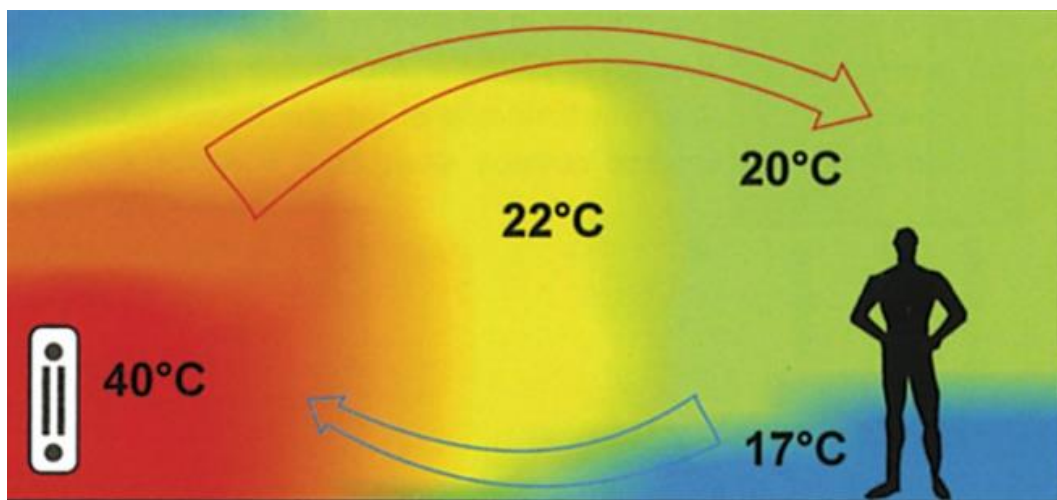


Fig. 4.17 – Temperaturas provocadas por aquecimento infravermelho [48]

4.5.3. MODELOS DE AQUECIMENTO INFRAVERMELHO

Os diversos sistemas de aquecimento infravermelho é possibilitado por resistências que podem ser cerâmicas, quartzo ou quartzo e tungstênio. Este tipo de material provoca diferentes formas de aquecimento. Estas formas de aquecimento distintas resultam das diferentes ondas emitidas.

As resistências cerâmicas estão relacionadas com as ondas mais longas. Estas ondas permitem uma transferência de energia em forma de radiação, mas também de convecção. Esta energia aquece o ambiente em redor e as paredes, sendo necessário no seu uso um termostato que permite desligar quando atinge uma determinada temperatura. Sendo que a energia é absorvida pelas paredes e os outros elementos, quando desligado, o ambiente mantém-se quente. Para o seu funcionamento as resistências de infravermelho cerâmicas precisam de menos potência.



Fig. 4.18 – Aquecimento por infravermelho de cerâmica [49]

De uma gama de ondas mais curta, surgem as resistências de quartzo. Este tipo de onda provoca um aquecimento imediato após estar em funcionamento. Este tipo de aquecimento é útil para as igrejas que realizam culto de apenas 1 ou 2 horas por semana. Apesar de não ser o objetivo principal, estas resistências em quartzo podem garantir a iluminação.



Fig. 4.19 – Aquecimento por infravermelho de quartzo [47]

4.5.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS

O aquecimento por infravermelho tem as seguintes vantagens:

Limpo: Não consome oxigénio, é livre de emissões diretas de CO₂, não causa poluição sonora e não altera o teor de humidade do ar.

Terapêutico: O calor produzido não causa problemas de saúde como os restantes tipos de aquecimento.

Eficaz: é rápido a se fazer sentir o aquecimento e tem pouco consumo. Em ambos tipos de infravermelho a prioridade é o aquecimento da pessoa e não do ambiente. O aquecimento é regulado por um termostato e nota-se a alteração rapidamente.

Fácil instalação: instala-se facilmente em qualquer lugar que tenha disponível corrente elétrica e pode ser montado em paredes, nos tetos. Dependente do tipo de infravermelho, mas os de onda curta podem ser instalados no interior e no exterior; enquanto que os de onda longa apenas no interior.

Durável: o equipamento de infravermelho não perde as suas características nem o seu rendimento ao longo dos anos, e não requer manutenção, o que é um fator muito importante.

Uniforme: a estratificação da temperatura em altura é reduzida. A diferença de temperatura entre o ponto mais baixo e o mais alto não deve ultrapassar os 4°C.

As desvantagens que este tipo de sistema provoca estão relacionados com a secagem das obras de arte por aquecimento radiante direto: secagem da madeira dos altares ou pavimentos, dos órgãos musicais e o encolhimento relacionado. Para além disso, a energia gasta para manter este sistema em funcionamento, que em comparação com outros sistemas não é assim tão alta [10].

4.6. VENTILOCONVECTORES LOCAIS

4.6.1. O SISTEMA

A patente deste sistema foi registada em 15 de agosto de 1989 intitulado bandeja de condensação para ventiloconvector com a patente número 4.856.672 [26]. O registo desta patente está em nome de John T. Sullivan.

4.6.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

Os ventiloconvectores locais são pequenas unidades de tratamento de ar terminais, compostas por um filtro de ar, um ventilador, um ou dois permutadores, integrados numa estrutura adequada, e equipados com os respetivos acessórios. Um motor aciona o ventilador e pode ter até três velocidades [32].

Os ventiloconvectores possíveis de ser encontrados são os ventiloconvectores vertical com móvel, vertical sem móvel ou horizontal (sem móvel).



Fig. 4.20 – Exemplos de ventiloconvectores, adaptado de [33]

Os ventiloconvectores incluem como parte dos mesmos um ventilador que inclui uma bobina através da qual o fluido refrigerante é bombeado. A bobina é normalmente suportada acima numa bandeja de condensação, tendo uma ou mais aberturas através das quais o ar é soprado por um ou mais ventiladores movidos por motores que são suportados abaixo da panela primária. O ar passa através da bobina criando condensação sobre a bobina que escorre para baixo, em cima da panela primária, de seguida é conduzida por uma tomada apropriada através de um tubo de descarga a um dreno associado [35].

Ao contrário do ar condicionado que o seu meio de propagação do calor é o ar, os aparelhos ventiloconvectores usam água como fluido de trabalho. Os ventiloconvectores são sistemas de climatização com funcionamento semelhante ao ar condicionado, mas apenas altera o fluido com que trabalham [33].

Este processo de climatização provoca a circulação forçada do ar permitindo uma maior eficácia e eficiência no aquecimento da área em questão. A transmissão de calor e absorção do calor do ar acontecem mais rapidamente [33].

A possibilidade de contaminação cruzada é baixa, dado que a exaustão do ar e a admissão do ar são realizadas de preferência em locais opostos [34].

Este sistema propaga o calor, como já referido, de forma semelhante ao ar condicionado, através de convecção. No esquema seguinte é demonstrado o poder que este sistema possui na criação de correntes de convecção criadas pelo próprio.

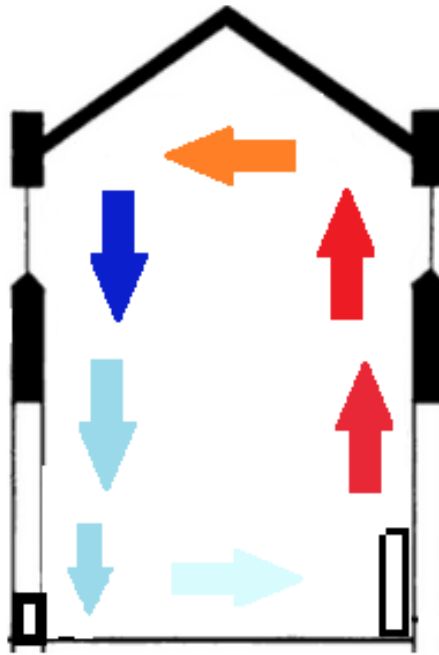


Fig. 4.21 – Esquema de ventilação de um ventiloconvector

4.6.3. TECNOLOGIAS DE APLICAÇÃO

Como já referido, este sistema é constituído por painéis, e tais painéis convencionais são feitas de metal galvanizado. Os fixadores que ligam o ventilador à panela primária também são de metal.

A nível de instalação é semelhante ao ar condicionado, mas as condutas que colocam o ar exterior no interior têm diâmetro maior, o que é uma desvantagem perante este sistema de aquecimento.

4.6.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Este sistema pode usar fontes de energia diversificadas: gasóleo, gás, caldeira a lenha, recuperador de calor, entre outros. Visto que toda a energia de calor é transmitida por intermédio da água ou fluido térmico pode ser usada a fonte de calor que se pretenda. Este sistema permite contrariar correntes de convecção e tem elevado tempo útil (aproximadamente 20 anos). Ocupa pouco espaço de aplicação e pode ser conjugado com outros sistemas de aquecimento [33].

Uma desvantagem deste sistema é a necessidade de manutenção (mudança de filtro de ar, por exemplo). Outro motivo pelo qual o sistema se torna desvantajoso é a facilidade que as suas componentes ganham ferrugem e podem impedir a saída água reduzindo a eficiência do sistema de aquecimento [35].

A implantação física deste equipamento de aquecimento torna muito difícil levar as condutas até aos ventiloconvectores e quando é possível existe a necessidade da criação de “couretes” e criar espaços de tecto falso para minimizar o impacto das condutas nos compartimentos [36].

4.7. AQUECIMENTO PELOS ASSENTOS

4.7.1. O SISTEMA

Em 1997, Martins Sandler instalou o primeiro aquecimento em almofada protótipo na igreja de São Stephen em Kleinkemnat. A reação excepcionalmente positiva dos paroquianos e peritos sobre a proteção dos monumentos históricos, bem como os custos operacionais extremamente baixos, despertou o interesse noutras paróquias, e daí um crescimento do sistema.

4.7.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

O sistema de aquecimento colocado nos bancos permite a irradiação de calor para os pés e pernas. Esta irradiação é feita de uma forma uniforme sobre a superfície inteira do aquecedor de assentos.

Este dispositivo de aquecimento sofreu evolução: anteriormente eram tubos de água que passavam por baixo dos bancos, mas atualmente é baseado em aquecedores elétricos que podem ser colocados nas costas dos bancos ou sob os assentos. Este tipo de aquecimento tem um funcionamento semelhante ao infravermelho, isto é, as ondas de propagação são onde de infravermelho curtas.

Esta localização do aquecimento permite criar correntes convectivas que aquecem os pés, mas também permitem aquecer até à altura necessária de tornar confortável o local de culto.

Os bancos são isolados termicamente do calor para proteger a madeira de danos graves, tais como quebras ou superfície enegrecendo e também garante a dispersão do calor unidirecional que resulta em melhor utilização de energia.



Fig. 4.22 – Aquecimento dos bancos do tipo almofada na Sé de Viseu [50]

4.7.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Este tipo de aquecimento permite criar condições de aquecimento uniformes ao longo da sua área superficial e com temperaturas mais baixas que os tipos de aquecimento convencional.

O calor convencional criado por o aquecimento de assentos, ao contrário dos sistemas de ventilação forçada convencionais, reduz o risco de partículas de poeiras causarem alergias ou riscos de saúde para pessoas com problemas respiratórios.

A nível de aplicação, este sistema é projetado para qualquer tipo de banco já existente na igreja [7]. É possível a qualquer cor desejada para não contrastar com o mobiliário.

Estes sistemas são relativamente eficientes em relação à energia, pois transmitem a energia diretamente para os utilizadores do edifício. A capacidade de calor necessária é relativamente baixa. Para além disso, permite reduzir a energia gasta, pois pode adaptar-se ao número de ocupantes da igreja. No Domingo, em que há mais participantes no culto podem estar ativos todos, enquanto que em dias da semana apenas alguns estão ligados [24].

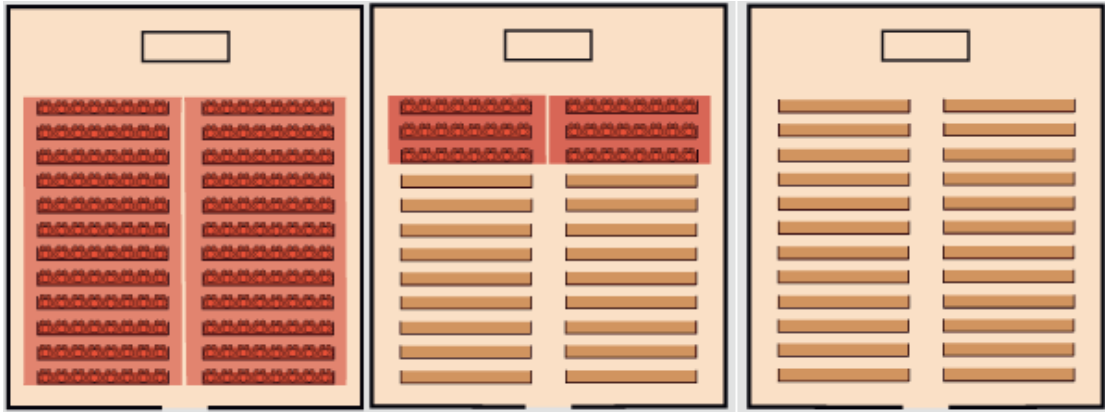


Fig. 4.23 – Funcionamento do aquecimento dos bancos por módulos: a) domingos, b) dias da semana e c) desligado, adaptado de [24]

As desvantagens que este sistema apresenta são que o aquecimento efetuado pelos assentos gera fluxos de ar convectivos por baixo dos bancos provocando correntes de ar na parte inferior do corpo. Caso a temperatura da igreja seja baixa este aquecimento não é confortável pois são criados extremos de temperatura muito próximos principalmente quando o sistema acaba de ser ligado [68].

4.8. ANÁLISE CRÍTICA

O aquecimento de um edifício é muito importante, principalmente numa igreja. Na igreja é necessária concentração para poder disfrutar do culto em que participa. Caso não se atinja o conforto térmico essa sensação de concentração torna-se em desaconchego e desatenção. Para uma melhor síntese, o esquema seguinte representa os tipos de sistema de aquecimento abordados anteriormente.

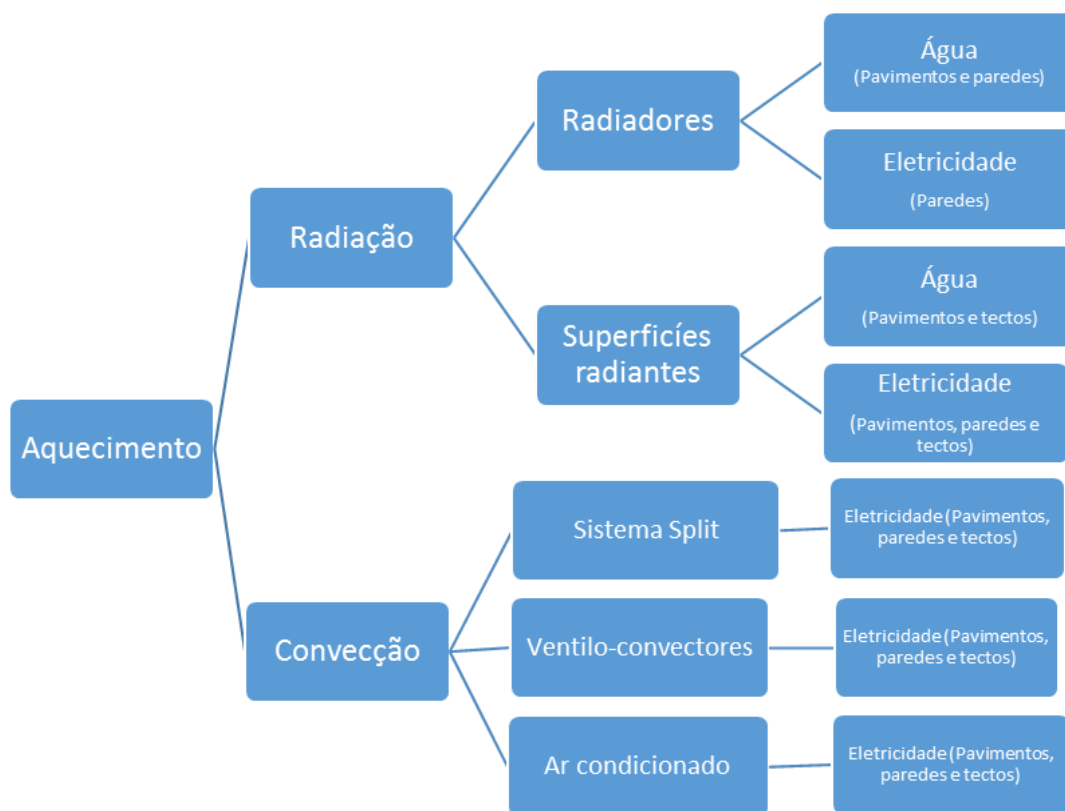


Fig. 4.24 – Sistemas de aquecimento organizados por mecanismo de transferência de energia

Estes sistemas de aquecimento foram abordados anteriormente, incluindo as suas vantagens e desvantagens. No entanto, para entendermos qual o melhor sistema de aquecimento a ser implementado num tipo de edifício como a igreja é necessário saber a frequência em que é usado e qual é a duração dessas utilizações.

No panorama geral, a maioria das igrejas locais são utilizadas duas vezes por semana, e cada utilização é de, aproximadamente, duas horas. As igrejas que são bastante utilizadas são, na sua maioria, os santuários e nesta escolha do melhor sistema a instalar não são tidas em conta. O sistema de aquecimento pelos assentos é considerado a colocação da placa na parte de trás do banco direccionada aos pés e pernas.

A avaliação dos sistemas de aquecimento vai ter em conta os seguintes parâmetros:

- Temperatura atingida em altura;
- Manutenção necessária;
- Energia consumida;
- Integração arquitetónica;
- Adaptabilidade às igrejas.

4.8.1. TEMPERATURA ATINGIDA EM ALTURA

Para a criação de conforto há uma curva ideal de temperatura. Neste parâmetro é tido em conta cada curva de temperaturas criadas pelo sistema de aquecimento em altura, e é comparado com a curva ideal.

Curva de Conforto

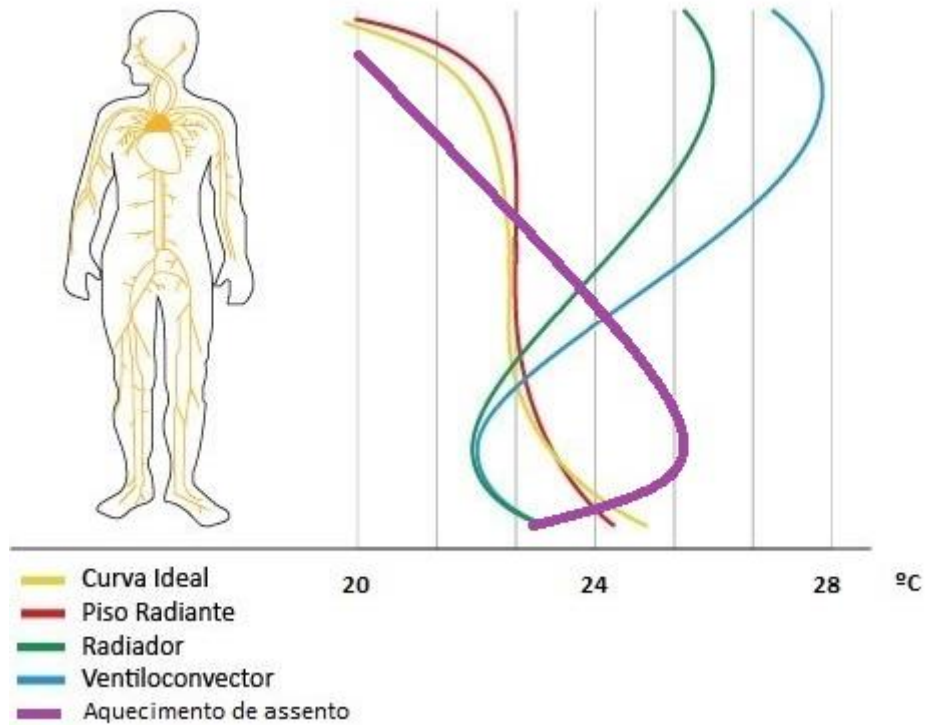


Fig. 4.25 – Temperatura causada em altura pelos diversos sistemas de aquecimento, adaptado de [51]

Na imagem anterior não está representado o aquecimento por infravermelho, mas este assemelha-se ao aquecimento por ventiloconvectores. O aquecimento ideal está demonstrado pela curva a amarelo e o equipamento de aquecimento que se ajusta mais é o piso radiante, pelo que é o sistema mais eficiente no aquecimento.

Padrões de Aquecimento

Temperatura: 16° 18° 20° 22° 24°

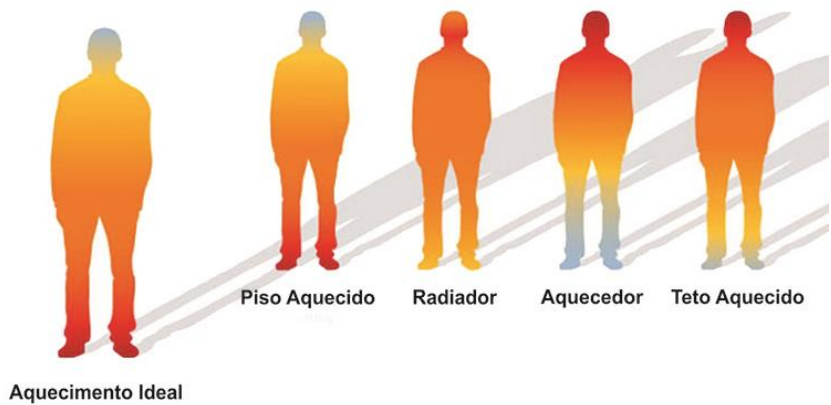


Fig. 4.26 – Temperaturas efetivas do corpo provocadas por alguns tipos de aquecimento, adaptado de [52]

Pela imagem das temperaturas efetivas no corpo, podemos comprovar de novo que é o piso radiante o mais próximo. Os sistemas de aquecimentos por ar condicionado, infravermelho e ventiloconvetor proporcionam a temperatura mais baixa pelo nível dos joelhos.

O aquecimento de assento é propício para os momentos em que os utilizadores das igrejas encontram-se sentados, apesar de a temperatura atingida na cabeça ser aceitável.

4.8.2. MANUTENÇÃO NECESSÁRIA

A manutenção necessária tem em conta a troca de filtros ou outras peças com vida útil reduzida. Na tabela seguinte são indicadas as manutenções necessárias a ter com cada tipo de aquecimento. As manutenções mais gerais dos equipamentos, isto é, que envolva a troca de peças por estarem danificadas, só acontecem se não houver todos os cuidados destes equipamentos. Um fator importante que permite uma vida útil superior é a limpeza, no caso dos radiadores, infravermelhos e o aquecimento pelos assentos.

Tabela 4.1 – Manutenções necessárias dos diversos sistemas de aquecimento

| Manutenção necessária | |
|------------------------|--|
| Ar condicionado | - Mudança ou limpeza dos filtros do ar da unidade interior de 15 em 15 dias e limpeza da unidade exterior uma vez por ano [53] |
| Radiador | - Abrir as purgas de ar, mas não é aconselhável fazer qualquer tipo de intervenção na água ou substância que circula |

| | |
|-----------------------------------|---|
| | nas tubagens; - A nível da caldeira deverá ser feita uma revisão anual e ao acumulador esta revisão depende da qualidade da água da zona em questão [54] |
| Pavimento Radiante | - Nenhuma manutenção necessária [19] |
| Infravermelho | - Não requer manutenção [47] |
| Ventiloconvectores | - Troca de filtros de ar [53] |
| Aquecimento pelos assentos | - Nenhuma manutenção necessária |

4.8.3. INTEGRAÇÃO ARQUITETÓNICA

A alteração da morfologia do edifício, como o próprio nome indica, avalia o espaço necessário para a instalação de cada sistema de aquecimento e a possibilidade de alteração da estética das igrejas, visto já serem edifícios construídos.

Tabela 4.2 – Alterações arquitetónicas das igrejas provocadas pelos sistemas de aquecimento

| Morfologia do edifício | | |
|-------------------------------|--------------------|--|
| Ar condicionado | Espaço necessário | A existência de condutas de ar entre os sistemas de admissão de ar e os sistemas de ar condicionado proporcionam elevado espaço ocupado. |
| | Estética da igreja | Os aparelhos de ar condicionado são de grandes dimensões, o que altera a arquitetura. Para além disso, as condutas se passarem pelo interior da igreja alteram ainda mais o aspeto visual |
| Radiador | Espaço necessário | Este sistema não necessita de grande espaço para os seus aparelhos. A tubagem deste tipo de sistema é de menores dimensões que as do ar condicionado, não sendo necessários rasgos de grandes dimensões das paredes. |
| | Estética da igreja | Estes sistemas alteram um pouco a estética, porque têm de ficar à vista para o seu bom funcionamento. A tubagem deste sistema já pode ser embutida nas paredes de uma forma mais fácil. |
| Pavimento Radiante | Espaço necessário | Não necessita de grande espaço devido a ser instalado sob o pavimento. A nível de ligações para funcionar também não é necessário muito espaço. |

| | | |
|-----------------------------------|--------------------|---|
| | Estética da igreja | Não altera a estética da igreja, mas a sua instalação é ideal quando for necessário alterar o pavimento da igreja. |
| Infravermelho | Espaço necessário | Este sistema apenas necessita que chegue energia elétrica, e por isso, não é necessário espaço para tubagens ou algo do género. Os aparelhos ocupam pouco espaço. |
| | Estética da igreja | Este sistema pouco altera a estética da igreja, visto que até alguns deles estão preparados para iluminação de espaços. |
| Ventiloconectores | Espaço necessário | A existência de condutas de ar entre os sistemas de admissão de ar e os sistemas de ar condicionado proporcionam elevado espaço ocupado. |
| | Estética da igreja | Os ventiloconectores são de grandes dimensões. Para além disso, as condutas se passarem pelo interior da igreja alteram o aspeto visual da igreja. |
| Aquecimento pelos assentos | Espaço necessário | Não é necessário espaço, mas é necessário a adaptação dos bancos a este sistema caso não estejam preparados. |
| | Estética da igreja | Não influenciam a estética da igreja, porque podem ser fabricados à cor que não afete a estética. |

A nível de alteração da arquitetura do edifício destaca-se o aquecimento pelos assentos. Este sistema não implica a alteração da arquitetura. Os sistemas que afetam mais a estrutura do edifício são o ar condicionado, os ventiloconectores e os radiadores devido às suas condutas e dimensões dos aparelhos. O pavimento radiante só é vantajoso quando se tem em vista uma alteração do pavimento, caso contrário é o que tem pior adaptabilidade às igrejas.

4.8.4. ANÁLISE FINAL DOS DIVERSOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO

Em modo síntese, o quadro seguinte classifica os tipos de aquecimento explorados nesta dissertação numa escala de três graus: Bom (++), Médio (+) e Mau (-) para as três categorias possíveis de avaliar.

Tabela 4.3 – Tabela síntese de avaliação dos sistemas de aquecimento

| | Temperatura atingida em altura | Manutenção necessária | Integração arquitetónica |
|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Ar condicionado | - | + | - |

| | | | |
|-----------------------------------|----|----|----|
| Radiador | - | ++ | - |
| Pavimento Radiante | ++ | ++ | - |
| Infravermelho | - | ++ | + |
| Ventiloconvectores | - | + | - |
| Aquecimento pelos assentos | + | ++ | ++ |

Segundo os parâmetros analisados o sistema de aquecimento com mais vantagens é o sistema de aquecimento dos bancos. Este sistema, para além de não ter manutenção, é um sistema que se adapta facilmente às igrejas, porque a sua cor pode ser semelhante à cor do mobiliário onde estão colocados estes aparelhos de aquecimento.

O segundo sistema de aquecimento que se destaca é o pavimento radiante. A instalação deste sistema de aquecimento necessita da alteração do pavimento das igrejas. Portanto, este sistema é vantajoso apenas quando está prevista uma restauração da estrutura do pavimento.

O aquecimento de infravermelho é um sistema que não provoca muitas alterações na estrutura da igreja, no entanto, altera o aspeto visual. Este sistema de aquecimento não aquece nas temperaturas ideais na vertical, mas é um sistema que aquece rapidamente o local. Esta rapidez torna este sistema ideal para um aquecimento intermitente.

Para o funcionamento intermitente o ar condicionado também se destaca, no entanto, implica alterações de grandes dimensões na estrutura da igreja e necessita de mais manutenção que outros sistemas de aquecimento.

As três características avaliadas não são suficientes para concluir qual o sistema de aquecimento mais apto para o aquecimento de igrejas. A energia consumida, o custo inicial e a adaptabilidade do sistema de aquecimento para a temperatura necessária para o conforto são fatores muito importantes para a escolha de um sistema de aquecimento. No entanto, pelos critérios avaliados o sistema de aquecimento dos bancos é o mais vantajoso.

5

CONSEQUÊNCIAS DO DESEMPENHO HIGROTÉRMICO ASSOCIADAS AO AQUECIMENTO DE IGREJAS

5.1. INTRODUÇÃO

As igrejas são edifícios monumentais antigos e não foram construídos de forma a incorporar um sistema de aquecimento. O clima interior das igrejas é determinado pelo clima exterior. As paredes maciças, o volume de ar interior grande, as janelas relativamente pequenas e a maioria que não permite ventilação natural faziam com que houvesse um desfasamento de aproximadamente um dia entre a reação da temperatura interior à temperatura exterior. Como observámos nos dois casos de ambiente interior de igrejas apresentados anteriormente, o clima interior é muito mais estável que o clima exterior.

Os edifícios contemporâneos são construídos a pensar no maior conforto térmico possível dos respetivos utilizadores. Como consequência desta melhoria nos edifícios contemporâneos, o aquecimento também foi necessário nas igrejas. O aquecimento das igrejas só podia compensar a falta de conforto térmico.

Em Portugal, a instalação de sistemas de aquecimento nas igrejas não é frequente. No entanto, em vários países os sistemas de aquecimento tiveram de ser colocados devido às temperaturas mais baixas do que no nosso país. Este capítulo resulta de estudos realizados em países que já adotaram sistemas de aquecimento em igrejas há algum tempo considerável.

Em alguns países os sistemas de aquecimento foram reduzidos para não gerar tantas patologias nas estruturas e equipamentos das igrejas. O aquecimento de enormes edifícios monumentais, como igrejas, fortalezas ou castelos tem um grande impacto físico no edifício. O aquecimento pode provocar a deterioração dos edifícios monumentais em si e no seu interior. Há relatos de sérios danos causados nos órgãos da igreja durante os invernos de 1962 e 1963 resultantes da combinação do aquecimento e neve severa. Documentos de literatura, danos nos púlpitos, altares, lambrins e pinturas de parede e do tecto das igrejas também foram afetados pelas condições extremas do interior e do exterior.

5.2. CARATERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS DE IGREJAS AQUECIDAS

A igreja de St. Martinus em Weert foi alvo de um estudo que possibilita a comparação dos efeitos diferentes de ter aquecimento e não ter aquecimento. Na imagem seguinte é possível observar que esta

igreja se localiza na zona sul de Holanda, ocupando uma área de 1260m² e tendo um volume de 18850m³.



Fig. 5.1 – Interior e localização da Igreja de St. Martinus em Weert [55]

Os resultados deste estudo estão representados nos gráficos seguintes. Estes gráficos baseiam-se na comparação entre as temperaturas e pressões de vapor no interior e no exterior, e para além disso, destacam-se 4 alturas do ano: Primavera, Verão, Outono e Inverno. Estes registos foram obtidos durante dois anos através de medições feitas a longo prazo e foram medidos com sensores de temperatura e humidade relativa a cada meia hora no púlpito, órgão, sótão acima do cofre e no exterior.

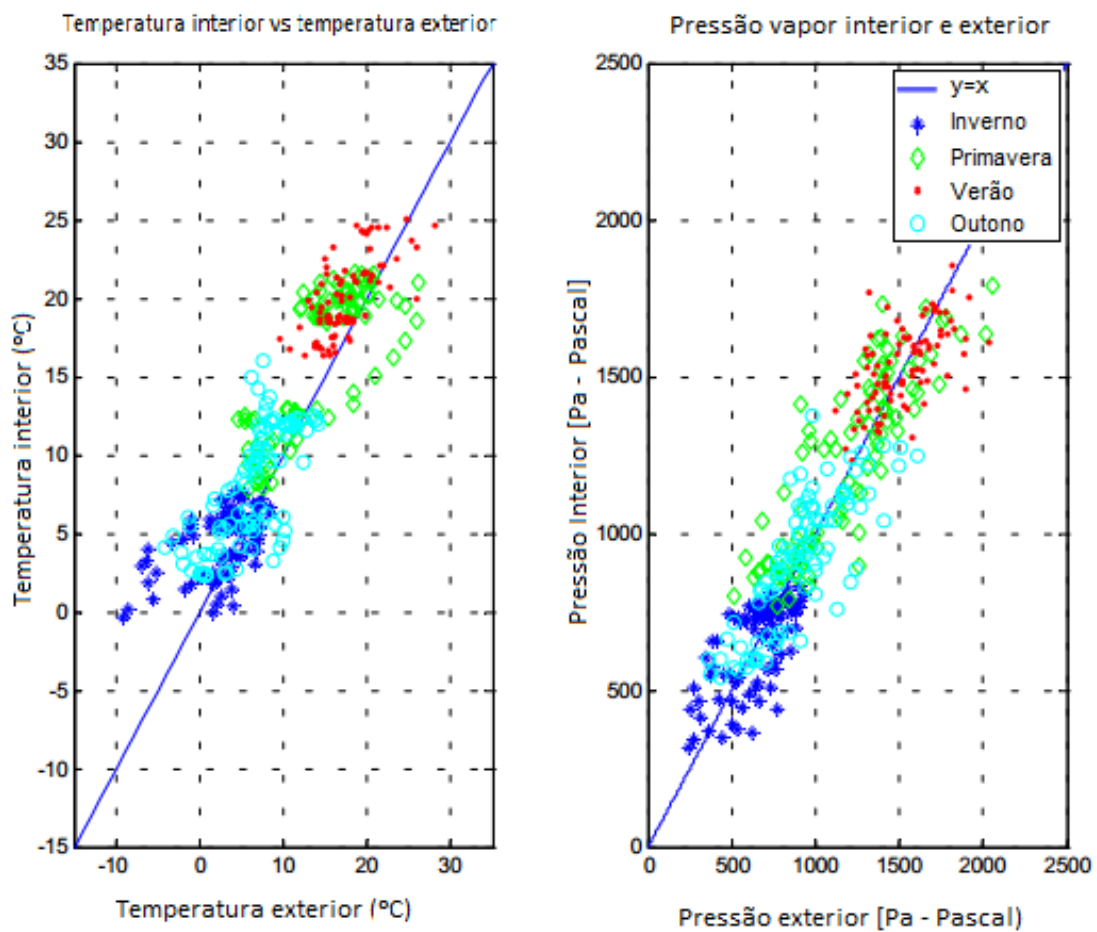


Fig. 5.2 – Caraterísticas da igreja de St. Martinus não sujeita ao aquecimento [10]

Na Holanda as temperaturas exteriores durante o ano variam de -10°C até 30°C . A necessidade de aquecimento é muito superior a Portugal. Por isso, trata-se de um país que utiliza na maioria das igrejas tecnologias de aquecimento.

Pelo gráfico da esquerda - o gráfico das temperaturas - podemos comprovar novamente que a temperatura interior acompanha sempre a temperatura exterior, mas de uma forma mais estável. Podemos verificar este facto pelos dados que estão na sua maioria à esquerda da reta $y=x$. Esta reta representa quando a temperatura interior está igual à temperatura exterior.

Durante a primavera a temperatura interior é inferior à temperatura ao ar livre. No outono a temperatura do ar interior é superior à temperatura exterior.

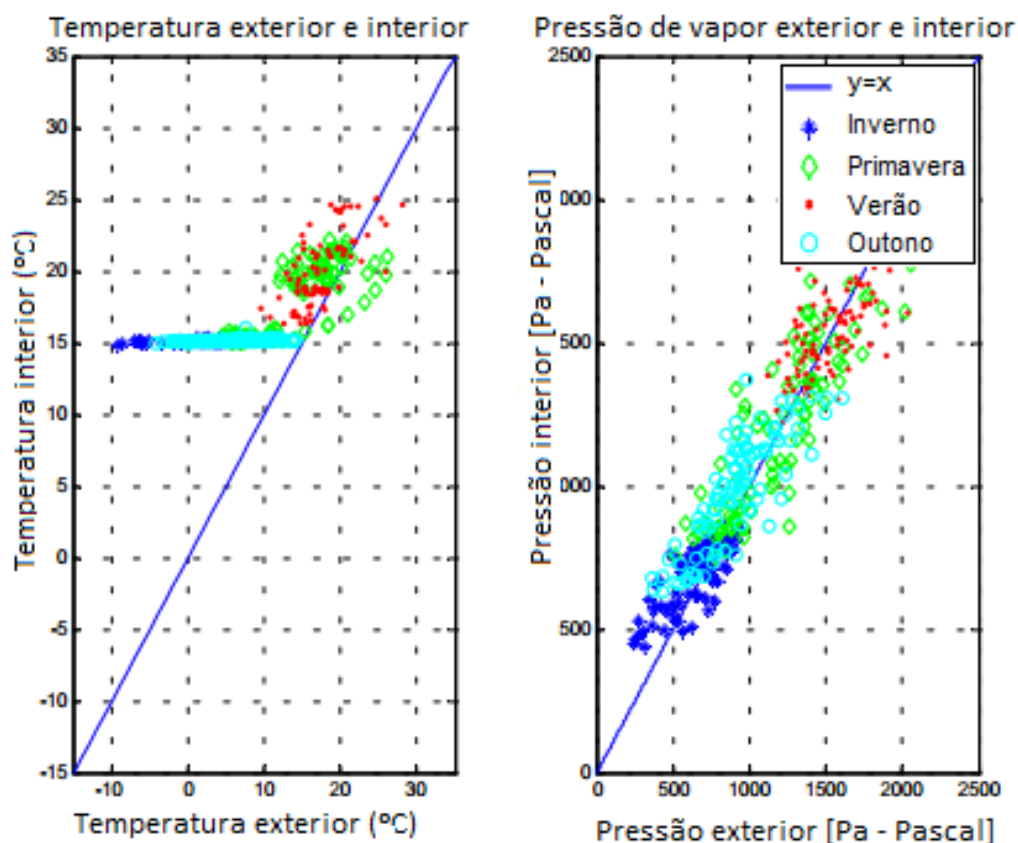


Fig. 5.3 – Temperaturas e pressões de vapor na igreja de St. Martinus com aquecimento [10]

Os gráficos anteriores representam as temperaturas e pressões de vapor na igreja em estudo com o sistema de aquecimento a funcionar nas estações mais frias (outono e inverno). Trata-se de um sistema de aquecimento central com sistema auxiliar de um esquentador e pavimento radiante a uma temperatura constante de 15°C.

Quanto às temperaturas, podemos observar que a temperatura interior é praticamente constante nos 15°C durante o outono e o inverno (os meses mais frios e que oscilam com temperaturas exteriores entre os -10°C e os 15°C).

Em relação às pressões de vapor, esta característica é menos clara. No entanto, é possível reparar que nas estações de mais frias a pressão de vapor no interior aumenta. Anteriormente, a pressão de vapor interior encontrava-se por volta dos 250 Pa, mas depois de estar aquecida passou para os 500 Pa.

5.3. ALTERAÇÃO DO PONTO DE ORVALHO DE IGREJAS COM E SEM AQUECIMENTO

O ponto de orvalho é uma temperatura importante que indica a existência de condensações superficiais. A uma dada temperatura o ar não pode conter uma quantidade de vapor de água superior à saturação. Conhecida a temperatura interior e a humidade relativa interior é possível caracterizar a pressão parcial de vapor interior e determinar a temperatura de saturação correspondente (utilizando um diagrama psicrométrico). A esta temperatura de saturação (humidade relativa de 100%) corresponde a temperatura ponto de orvalho (θ_{po}). Na imagem seguinte está representado um exemplo de diagrama

psicométrico que indica a temperatura interior de 13°C que corresponde a uma temperatura ponto de orvalho de, aproximadamente, 7°C.

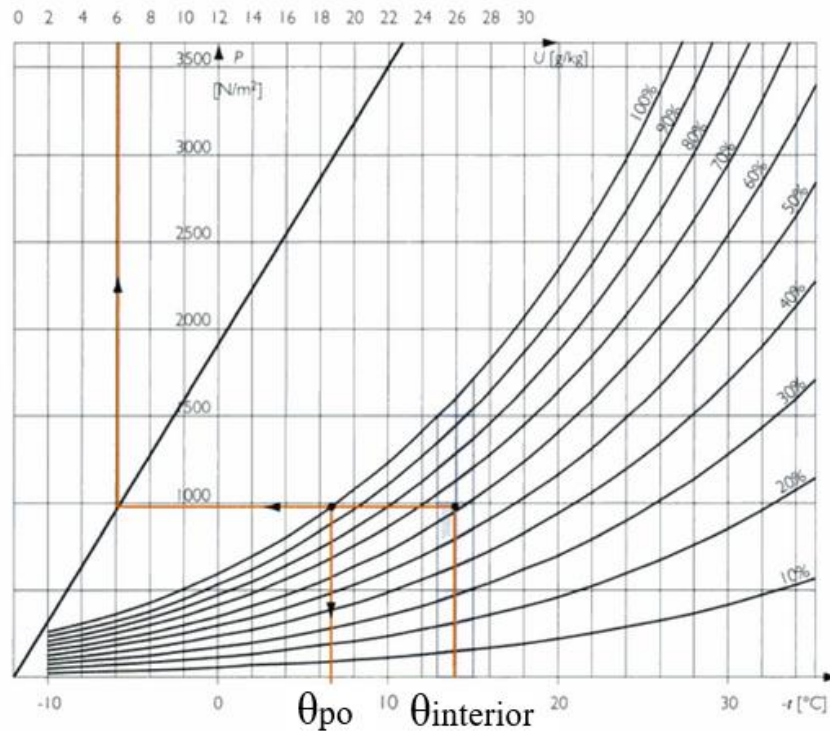


Fig. 5.4 – Cálculo do ponto de orvalho através do diagrama psicrométrico [10]

Para que não haja condensações deve verificar-se que a temperatura superficial interior tem de ser superior à temperatura ponto de orvalho. Neste exemplo, se a temperatura superficial for superior a 7°C não ocorrem condensações.

A instalação de sistemas de aquecimento na igreja pode ser uma forma eficaz de reduzir o risco de condensações. No entanto, é importante ter noção se irá ser um aquecimento contínuo ou um aquecimento intermitente.

Um sistema de aquecimento com funcionamento intermitente pode originar condições propícias para existir condensações ou patologias nos elementos presentes na igreja. Esta forma de funcionamento faz com que quando o sistema é desligado a temperatura diminui e a humidade relativa aumenta devido à libertação da humidade das paredes, tetos e outros elementos construtivos, aumentando a probabilidade de existência de condensações.

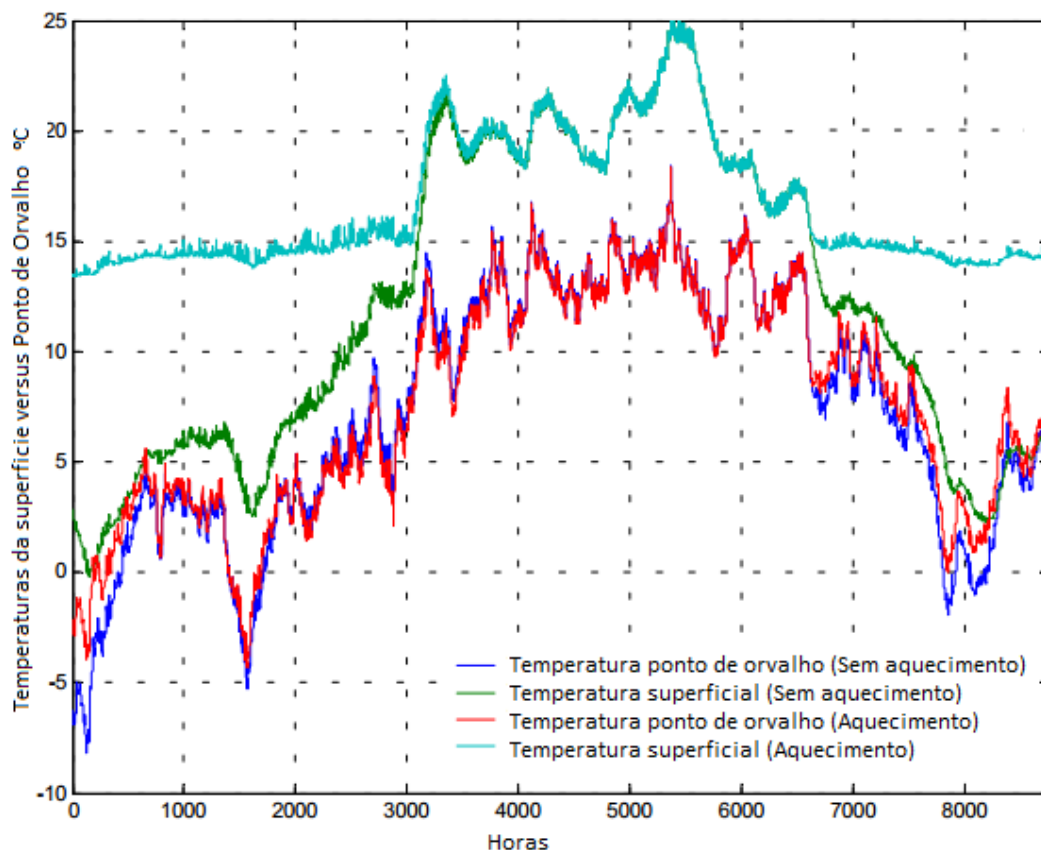


Fig. 5.5 – Comparação das temperaturas de orvalho e superficial com aquecimento e sem aquecimento [10]

O gráfico anterior mostra a simulação da evolução das temperaturas de orvalho calculadas e as temperaturas superficiais da parede interior ao longo de um ano com ou sem aquecimento. Os valores iniciais e os valores finais da temperatura são muito distintos devido à evolução das temperaturas exteriores também ser distinta. O aquecimento em causa é realizado por um sistema de piso radiante com a temperatura de 15° e aquecimento central baseado na igreja de St. Martinus em Weert.

Pelo gráfico podemos observar que a igreja sem aquecimento desde as 8100 horas até as 8760 horas tem condições favoráveis à ocorrência de condensações. A igreja com aquecimento anula essas condições para a ocorrência de condensações, pois aumenta a temperatura superficial.

Logo, com aquecimento a uma determinada temperatura podemos garantir que não ocorrem condensações no interior das igrejas, portanto, o aquecimento intermitente é um aquecimento que deve ser bem estudado para não ocorrerem condensações quando este é desligado.

5.4. MUDANÇA DE HUMIDADE RELATIVA COM O EFEITO DO AQUECIMENTO

Os mecanismos que condicionam o transporte da humidade em elementos de construção são complexos. Neste capítulo será abordado de uma forma breve a definição de higroscopicidade.

Os materiais de construção podem ser classificados higroscópicos se a quantidade de água fixada por adsorção é importante ou não higroscópicos se a massa é praticamente constante independentemente

da humidade relativa do ambiente. Praticamente todos os materiais utilizados na construção de igrejas são higroscópicos, isto é, o seu teor de humidade varia consoante a humidade relativa do ambiente. Humidade relativa consiste no quociente entre a pressão de vapor existente e a pressão de saturação [56].

O aquecimento a elevadas temperaturas pode causar, por exemplo, uma grande estratificação térmica e, assim, elevar a temperatura a níveis mais altos, onde a maioria das igrejas tem o seu órgão monumental. A igreja escolhida para ser feito o estudo foi a de Walloon em Delft. Na imagem seguinte está representada a sua localização geográfica. A igreja tem uma área de pavimento de 210 m² e um volume de 3000m³.



Fig. 5.6 – Localização da igreja de Walloon em Delft

Os gráficos seguintes mostram as temperaturas e a humidade relativa na proximidade do órgão da igreja de Walloon num típico domingo de inverno - mais especificamente no dia 17 de janeiro de 2000. É necessário indicar que o órgão está a 15 metros de altura onde se acumulam as temperaturas elevadas resultantes do aquecimento deste monumento.

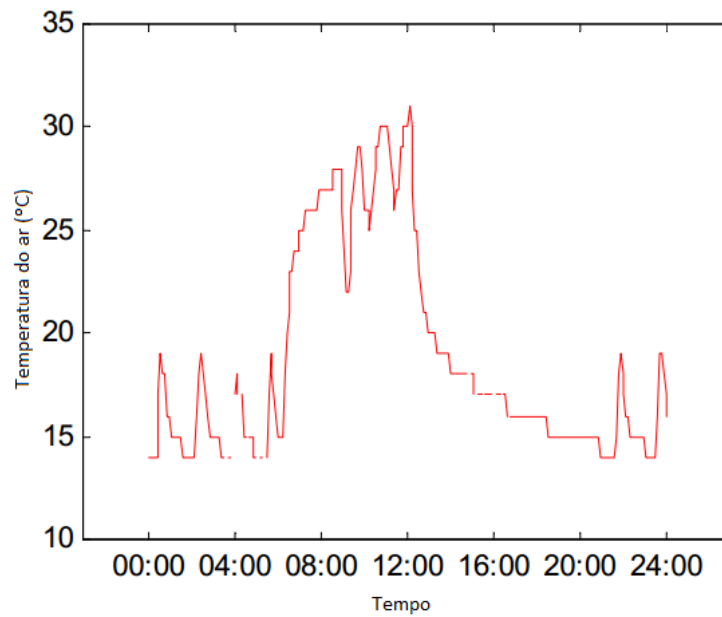


Fig. 5.7 – Gráfico das temperaturas medidas na frente do órgão monumental de Wallon [10]

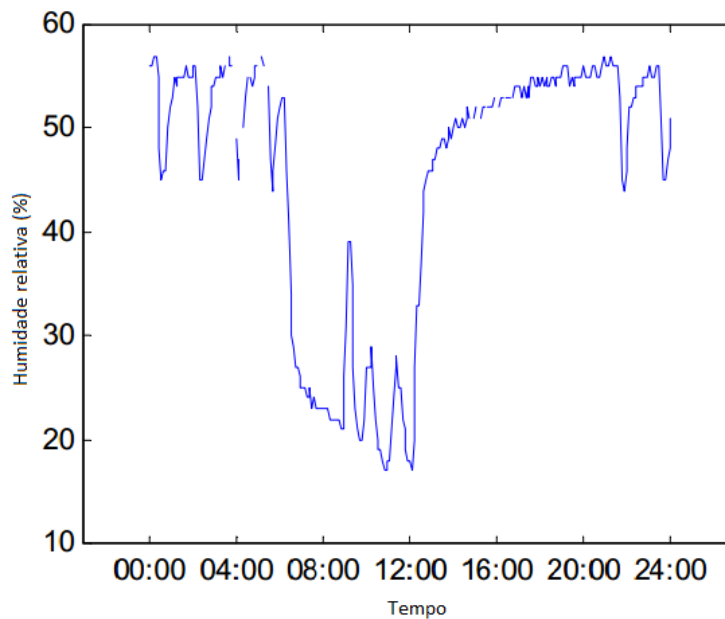


Fig. 5.8 – Gráfico das humidades relativas registadas na frente do órgão monumental de Wallon [10]

Pelos gráficos entendemos que a temperatura do ar interior e a humidade relativa são praticamente o inverso. Das 7 horas até às 13:00h o ar perto do órgão monumental atingia o extremo de temperaturas altas daquele dia (aproximadamente 30°C) e o extremo de humidade relativa inferior registada naquele dia (aproximadamente 15%). O sistema de aquecimento é um sistema de ar quente introduzido na igreja através de grelhas e estando ligado introduz variações de temperatura de 15°C e variações a nível da humidade relativa de 40%.

Estes baixos valores de humidade relativa podem provocar a secagem dos elementos em madeira presentes no interior da igreja, causando fissuras e outras indicações de encolhimento desses elementos. Nos subcapítulos seguintes serão abordadas as principais patologias existentes devido às grandes variações de temperatura e à baixa humidade relativa.

5.5. VARIAÇÃO DIMENSIONAL DA MADEIRA

Em 1986, Thomson assegura que os materiais que absorvem humidade expandem-se em humidade relativa elevada, provocando deformações, deslocções em algumas partes, fissuras e por vezes rutura completa. Quando o teor de humidade é baixo, segundo ele estes objetos são alvo de contração.

A madeira é um exemplo de material que adsorve e expulsa água adaptando-se à elevada ou baixa humidade relativa, respetivamente. Em 1996, Mascarenhas, no seu estudo sobre “Variações Dimensionais nos Bens Culturais em Madeira”, quando se refere à humidade mostra que após um corte de uma árvore ocorre uma redução de humidade, quando a mesma é deixada ao ar livre, e que nesse processo de desorção de água, existe um ponto singular chamado o ponto de saturação de fibras. Este ponto caracteriza-se pelas células apenas possuem apenas a água de adesão. Muitas teorias indicam que a humidade para a madeira estar nesse ponto é de aproximadamente 30% num clima temperado [57].

Contudo, o conhecimento deste ponto é importante pois é a partir deste ponto que ocorrem as alterações na madeira. A partir deste ponto, ocorrem a contração ou expansão (inchamento). Estas alterações provocam posteriormente fissuras e empenos nas madeiras. Apesar disso, o ambiente pode beneficiar, pois expondo uma madeira seca a um ambiente, esta absorve a humidade de forma a atingir o seu ponto de saturação das fibras [57].

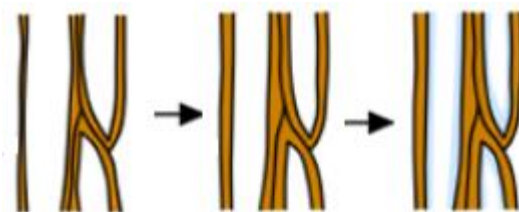


Fig. 5.9 – Evolução da madeira após ser exposta a um ambiente húmido estando inicialmente seca, adaptado de [59]

A retração da madeira surge normalmente quando esta atinge o ponto de saturação das fibras, e continuando de maneira regular e linear até a madeira estar completamente seca. Contudo, esta secagem não ocorre em todos os sítios da madeira ao mesmo tempo. A superfície da madeira é a primeira parte a sofrer a secagem. Quando a superfície atinge valores inferior ao ponto de equilíbrio a retração inicia. No entanto, o interior da madeira pode conter ainda bastante água e não retrair. Isto implica que a madeira pode começar a retrair sem ter atingido ainda a humidade média de retração.

A figura seguinte demonstra a relação entre a retração e o teor de humidade presente na madeira, para uma madeira resinosa. A forma exata da curva depende da forma da madeira, espécie de madeira e condições de secagem usadas, mas em geral é da seguinte forma.

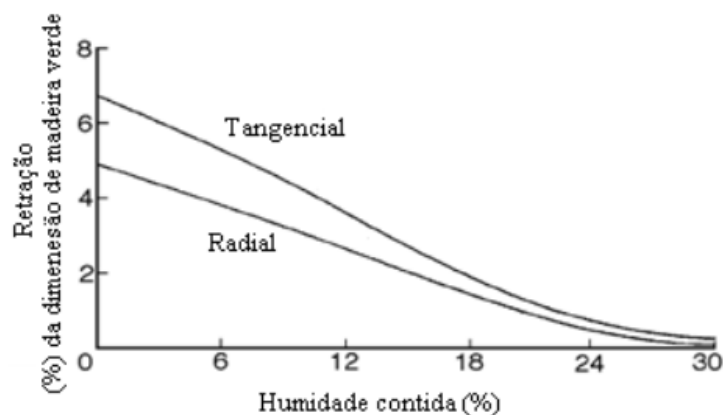


Fig. 5.10 – Curva típica da humidade contida na madeira [10]

A denominação de tangencial e radial são as diferentes direções definidas no início da experiência tendo um ponto de origem também definido. No esquema seguinte mostra as direções possíveis em que pode haver variação de tamanho da peça de madeira [57].

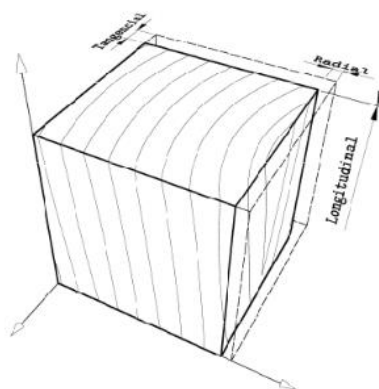


Fig. 5.11 – Direções que a madeira pode assumir na sua variação dimensional [10]

O gráfico da figura 5.9 permite descrever a retração que ocorre na madeira verde num ambiente com determinada humidade relativa. A cada valor de retração está associado a variação dimensional da madeira. Esta variação pode estar na causa de danos que ocorrem nos pavimentos de soalho, telas de pintura, entre outros elementos relevantes do interior da igreja.

5.6. EFEITO DO AQUECIMENTO NOS ÓRGÃOS MONUMENTAIS

Nos países em que o aquecimento é instalado facilmente nas igrejas realizam-se estudos dos efeitos provocados em todos os elementos presentes no interior deste edifício. Num estudo de doutoramento um dos problemas graves que encontraram foi os danos da madeira da parte interior dos órgãos monumentais.

Em Portugal, mais precisamente Braga, os órgãos monumentais são muito importantes e permitem a dinamização da Semana Santa porque se realizam festivais de luta entre órgãos. Com a instalação

do aquecimento na sé de Braga estes órgãos poderiam ter problemas graves na sua madeira. Os órgãos musicais com probabilidade de ter problemas na madeira são os situados aproximadamente à altura dos órgãos monumentais da Sé de Braga, catedral de Vila Real e maioria das catedrais portuguesas, pois ficam localizados no coro onde as temperaturas mais quentes se acumulam.



Fig. 5.12 – Órgão monumental de Braga (esquerda) e de Vila Real (direita) [60]

Um estudo realizado na Europa, mais precisamente em Delft, na igreja de Walloon, avalia os danos causados pelo aquecimento nos órgãos monumentais. Este estudo serve de base para os pressupostos aqui referenciados [58].

O sistema de aquecimento desta igreja é um sistema de ar condicionado com capacidade de aquecimento de 115/77Kw (alto/ baixo). Este sistema proporciona uma renovação de 7400/ 5000 m³/h (alto/ baixo). O ar aquecido é colocado no interior através de uma grelha acima do solo 3 metros e a saída é através de outra grelha localizada no solo. Este sistema permite 100% de circulação do ar [58].

Este monumento é constituído por o púlpito, bancos e outros elementos em madeira, como a causa do estudo, o seu órgão monumental. O órgão musical desta igreja data de 1869 e a sua última restauração foi em 2000 [58].

Durante a restauração do órgão foram analisadas as partes internas do órgão monumental. Os foles foram severamente danificados; grandes rachaduras ocorreram na parte de madeira do fole; as peças de pele de carneiro foram rasgadas [10].



Fig. 5.13 – Foles do órgão monumental da igreja de Walloon [10]

A madeira de suporte do órgão estava tão danificada que até a pele de carneiro se infiltrava pelas fissuras como se pode observar na imagem seguinte.



Fig. 5.14 – Estrutura base de madeira do órgão monumental [10]

Um dos pontos fundamentais dos órgãos, considerado o coração deste instrumento musical, é a gaveta de vento. Neste órgão a gaveta de vento estava severamente danificada: o escapamento da gaveta do vento torna o som produzido pelo órgão como uma reprodução de vários tubos separados.



Fig. 5.15 – Encaixe da gaveta do vento do órgão monumental [10]

Os tubos de órgão tinham fissuras nas tampas de ajuste devido ao encolhimento das bordas de madeira. Isto tornava o órgão fora de sintonia devido aos deslocamentos da madeira.

Outro ponto importante que salienta a reduzida humidade resultante do aquecimento são os danos existentes no móvel perto do órgão que tem a porta empenada, madeira fissurada e as juntas mostram danos resultantes de encolhimento.

O professor Leijendeckers da universidade de Andover também examinou alguns órgãos de igrejas da Holanda para estudar o efeito do aquecimento. Nos seus cálculos uma igreja com aquecimento varia a temperatura entre os -10°C a 20°C . O alongamento dos tubos alterando a sua frequência de funcionamento: uma mudança inaudível de $0,01\text{ Hz}$ a 15 Hz . A temperatura, os efeitos da velocidade do ar criam mudanças audíveis de 876 Hz a 16 kHz . A conclusão é que os órgãos devem ser ajustados às temperaturas de ar em que são usados. Ao longo da altura dos tubos do órgão a variação da temperatura não deve ser elevada [10].

5.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO

O aquecimento influencia as condições do clima interior. O aumento da temperatura interior provoca a diminuição do teor de humidade existente. Esta redução de humidade a valores extremos é prejudicial para os elementos presentes no interior, principalmente, os construídos em madeira que irão ter fissuras e outras patologias originárias da secagem da madeira.

Essas fissuras que ocorrem devem-se à variação dimensional das células da madeira. A madeira tem o seu estado de equilíbrio que se chama ponto de saturação das fibras e sujeita à humidade do ambiente aumenta ou reduz o tamanho das suas células.

O alongamento ou encolhimento da madeira é problemático para a função deste elemento: altera a frequência emitida pelo órgão alterando o som produzido por este instrumento musical. Segundo o estudo realizado pelo professor Leijendeckers, os órgãos devem ser sintonizados para a temperatura em que vão estar em funcionamento.

Em jeito de conclusão, deve-se aquecer as igrejas, no entanto, tem que se ter consciência das patologias que podem existir e tentar evitá-las. Nas igrejas portuguesas os sistemas de aquecimento na sua maioria funcionarão de forma intermitente, o que é mais problemático. No entanto, deve ser na mesma instalado, mas com uma monitorização dos elementos construtivos da igreja avaliando as alterações destes.

6

IMPORTÂNCIA DA MONITORIZAÇÃO DO CLIMA INTERIOR DAS IGREJAS

6.1. INTRODUÇÃO

Os edifícios antigos, particularmente os edifícios históricos, apresentam ambientes interiores característicos que nem sempre correspondem à situação ideal para a conservação dos elementos presentes no edifício seja a melhor. Como já concluímos anteriormente, estes elementos adaptam-se ao ambiente interior que existe no edifício: ficam fissurados, pintura defeituosa, entre outras patologias. Assim, é importante conhecer o ambiente anterior, o ambiente presente e o ambiente futuro. Mas quais serão as características importantes para descrever este ambiente interior? Como são medidas essas características e em que sítios devem ser colocados os aparelhos de medição? Será necessário apenas ter em consideração a temperatura atingida até à altura média de um humano para proporcionar conforto mínimo a todos os participantes e visitantes da igreja? Já existe algum modelo que alerta para os perigos causados por um clima interior desfavorável? A estas perguntas serão dadas as respostas ao longo deste capítulo.

6.2. MODELOS DE MONITORIZAÇÃO

Para se poder garantir o conforto térmico nas igrejas é necessário um conhecimento perfeito do estado do clima interior das igrejas. Esse conhecimento pode ser obtido através da implementação de um programa de inspeção onde, através da observação e recolha de dados, é realizada a avaliação do clima interior da igreja.

A adoção de um sistema de monitorização contínua na observação das características do clima interior (temperatura, humidade relativa e velocidade do vento) permite, para além de detetar a possibilidade destas características provocarem danos nos elementos e materiais constituintes da igreja, quantificar e avaliar a evolução do clima interior ao longo do tempo.

Os objetivos de uma monitorização contínua são:

- Avaliação dos vários parâmetros medidos nas igrejas (temperatura, humidade relativa, entre outros);
- Analisar a existência ou inexistência do conforto térmico nas igrejas;
- Indicar a adequação ou não do sistema de aquecimento instalado.

A tecnologia avançou de tal forma que a monitorização quando for realizada nas igrejas portuguesas não é necessário fazer como nos passados tempos. Tradicionalmente, os dados medidos através dos sensores de temperatura, humidade e velocidade do ar eram obtidos através da leitura destes em cada sensor instalado. Atualmente e ainda mais no futuro, a monitorização do clima interior pode ser feita de uma forma mais rápida e cómoda, porque estão em vias de desenvolvimento, ou até mesmo alguns já desenvolvidos, sistemas de monitorização automatizados. Estes sistemas de monitorização são constituídos por sensores, equipamentos de aquisição de dados e software de análise das condições reais da igreja.

Este avanço de tecnologia permite reduzir os erros nas leituras e os custos operacionais devidos à deslocação de técnicos encarregados de ler todos os sensores envolvidos na monitorização. Para além disso, esta automatização permite a recolha de maior número de dados permitindo uma monitorização mais exigente e fidedigna.

Os modelos de sistemas de monitorização que podem ser usados são os controlados por recolha direta ou por recolha de wireless.

A recolha direta implica retirar os dados diretamente dos sensores através da ligação de cabos. Esta recolha direta pode passar por implicar a obtenção das leituras apenas no local ou através de um cabo estar ligado a uma rede de internet e ser possível aceder de outro local a estes dados por computador remoto.

Sendo um sistema que funciona por wireless, não implica cabos de transmissão de dados, mas apenas cabos de alimentação caso os aparelhos do sistema não possuam bateria suficiente. Dentro da tecnologia de wireless pode funcionar por bluetooth ou wireless propriamente dito. O bluetooth é uma tecnologia de curto alcance via processo de comunicação digital, que propicia conexão wireless para terminais móveis como impressoras ou telemóveis. Esta tecnologia é a primeira utilizada na gama do wireless, e veio substituir os diferentes tipos de conexões na entrada dos hardwares. Cada dispositivo bluetooth já permite comunicar com quaisquer outros dispositivos desde que ao alcance [69]. A nível do wireless propriamente dito os dados são disponibilizados numa base de dados transmitida pela internet e disponível no computador do local de trabalho do técnico responsável pela monitorização do clima interior da igreja [63].

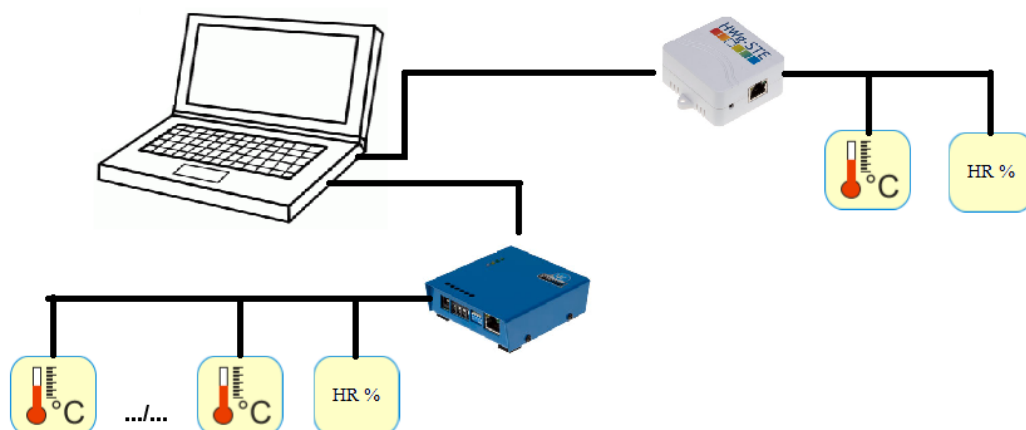


Fig. 6.1 – Sistema de monitorização por cabo

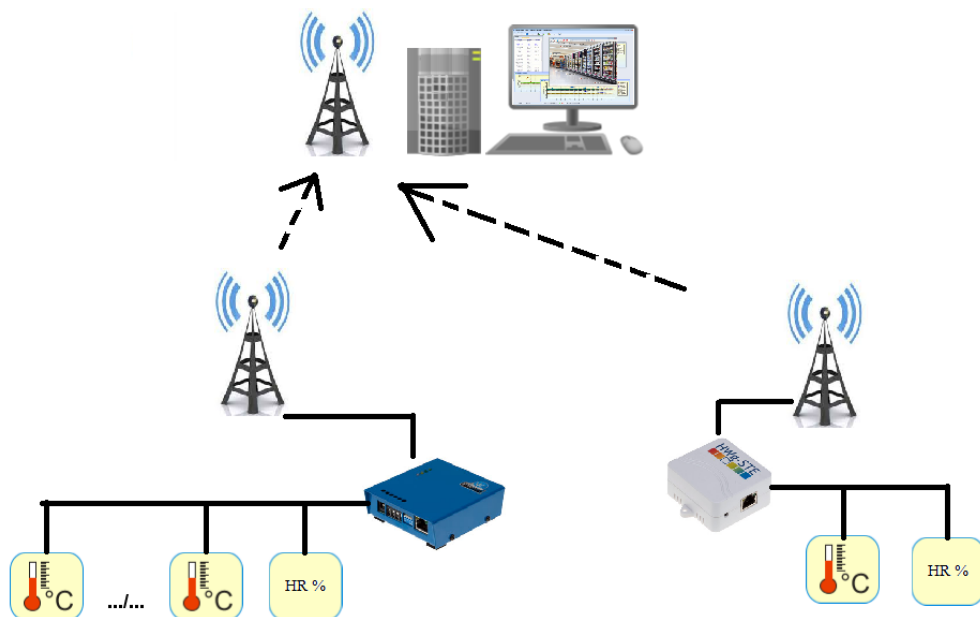


Fig. 6.2 – Sistema de monitorização por wireless

Nas duas imagens anteriores estão visíveis a forma como se relacionam os sensores com o local de interpretação dos dados. A nível de ligação por cabo o técnico dirige-se ao computador local que recolhe os dados ou liga diretamente o seu computador aos sensores, enquanto que por ligação wireless o técnico está num único lugar e tem acesso à recolha de dados dos vários sensores que medem as características do clima interior.

6.3. TIPOS DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO DA TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA

Existem diversas formas de medição da humidade relativa e da temperatura, desde um simples termómetro de mercúrio e um termómetro de bolbo seco e húmido, a instrumentos sofisticados eletrónicos equipados com sensores de estado sólido [62].

Os sensores de humidade e temperatura estão divididos em dois grupos principais: analógicos, digitais e registadores gráficos [63].

Os sensores analógicos, como é o caso do sensor de temperatura LM35, apresentam uma saída de tensão linear relativa à temperatura do local onde este se encontra no momento em que for alimentado, tendo em sua saída um determinado sinal para cada grau Celsius de temperatura.

Os sensores digitais usam ligação 1-wire (sistema de comunicação) para comunicar com o microcontrolador que é um tipo de comunicação projetada pela Dallas. Esta ligação permite enviar dados a baixa velocidade e a grandes distâncias. Este tipo de comunicação permite uma maior precisão na leitura dos dados e a conversão em linguagem binária no local de medição e respetivo envio para o computador ligado à rede responsável pelo tratamento da informação recolhida pelos sensores.

Os termohigrógrafos de tambor foram os instrumentos de medição gráfica contínua utilizados durante anos e que permitem medir a temperatura e a humidade relativa, dando uma leitura imediatamente das

variações ocorridas ao longo do tempo. A desvantagem deste tipo de equipamento é o grande número de vezes que é necessário fazer a mudança de caneta e do suporte de registo e a calibração do psicómetro. As medições neste aparelho podiam ser feitas diariamente, mensalmente ou anualmente [65].



Fig. 6.3 – Termohigrógrafo (registra temperatura e humidade relativa) [70]

A evolução dos equipamentos de medição da humidade passou pelos higrómetros que são aparelhos que medem a humidade presente no ar. Estes aparelhos possuem substâncias que absorvem a humidade. Essas substâncias estão fixas numa ponta e no outro ponto estão móveis permitindo deslocamento. A cada deslocamento associa-se uma determinada humidade do ar e ao mover esse ponto móvel move também o ponteiro no visor indicando a humidade existente naquele clima interior.



Fig. 6.4 – Higrómetro analógico [72]

Atualmente, como já ilustra a imagem anterior, os higrómetros já indicam a temperatura a que se encontra o clima interior em análise.

Atualmente, os aparelhos mais utilizados, de pequenas dimensões, são os datalogger. Estes aparelhos têm aproximadamente o tamanho de uma cassete áudio. Para o seu funcionamento usam sensores ele-

trónicos e um chip de computador para registar a temperatura e a humidade relativa em determinados intervalos de tempo definido pelo utilizador que programa o chip usando um computador. No início do desenvolvimento destes aparelhos os dados eram recolhidos por cabo diretamente para um computador, mas, agora já existe a possibilidade de transferir os dados utilizando a rede da internet [66].

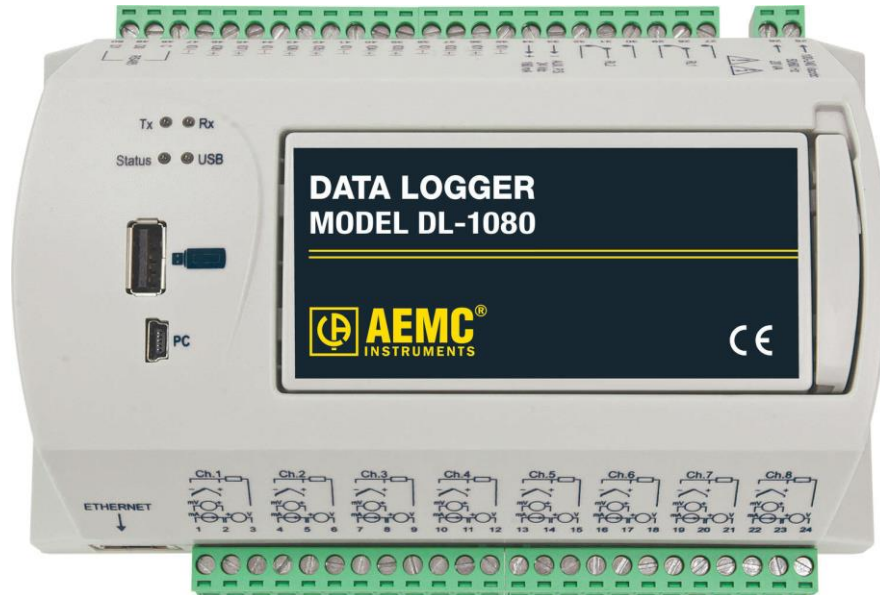


Fig. 6.5 – Datalogger [71]

6.4. LOCALIZAÇÃO DOS SENSORES DE MEDIÇÃO

Neste subcapítulo será abordado a forma como se faz a escolha da localização dos sensores de medição.



Fig. 6.6 – Fotografia da igreja de São Cristóvão em Lisboa [67]

Na figura anterior é demonstrado como são feitas as medições das temperaturas nos diversos pontos da igreja. Os fios são chamados de termopares e colocados nos pontos de medição e transferem a informação para o ponto central que é o datalogger.

Primeiramente, é necessário indicar os locais mais sensíveis do clima interior:

- Próximo a esculturas;
- Próximo ao órgão monumental;
- Vários níveis perto da assembleia (tanto no piso térreo como no piso superior denominado como coro).

Os sensores próximos das esculturas tem o propósito principalmente de avaliar a humidade existente de forma a garantir que existe uma humidade não prejudicial. Os que estão localizados na proximidade do órgão monumental asseguram que este funciona com a humidade recomendável não afetando os foles ou outros elementos constituintes. Para garantir o conforto térmico, que não é unânime para todas as pessoas, deve ser medido a temperatura à altura dos pés, dos joelhos, das mãos e da cabeça. As igrejas com lugares disponibilizados noutros pisos que o térreo ou o mais baixo terão de possuir sensores nas mesmas alturas e nas mesmas condições perto de onde as pessoas se irão sentar nesses pisos.

Neste subcapítulo usar-se-á uma igreja para exemplificar como os sensores de medição devem ser dispostos de forma a avaliar as condições do clima interior melhor. A igreja que servirá de exemplo situa-se no concelho de Vila do Conde na freguesia de Vila Chã conhecida por Igreja de S. Mamede de Vila Chã.

Esta igreja data de 1907 e possui uma capela mor com as dimensões de 10 metros de comprimento, 6,5 metros de largura e 8 metros de altura, e também possui o corpo da igreja com 21 metros de comprimento por 9 metros de largura e 8 metros de altura. Na capela mor possui o ambão, o altar e três esculturas a diferentes alturas. No corpo da igreja possui 4 altares que sustentam 8 esculturas de santos.

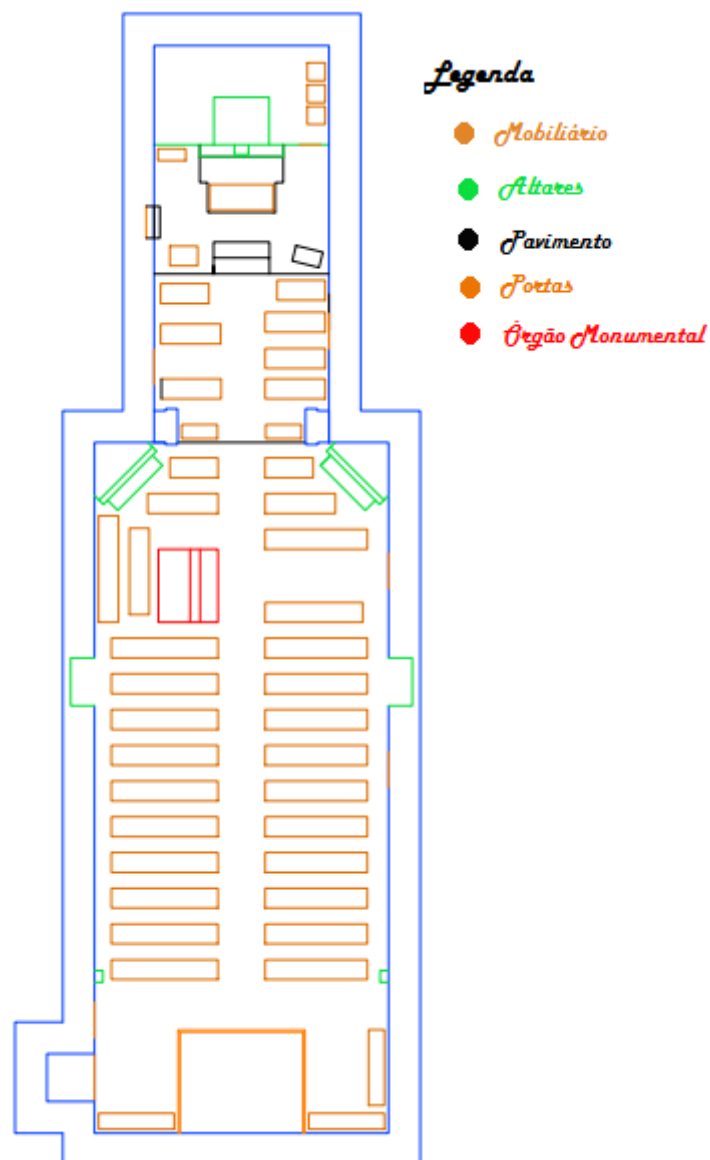


Fig. 6.7 – Esquema da igreja de S. Mamede de Vila Chã

Seguindo os critérios estabelecidos para a colocação dos sensores, quantos aos santos, os sensores devem ser colocados na parte inferior destes. No entanto não é necessário colocar em todos os santos pois alguns estão em alturas idênticas e estão próximos uns dos outros. Nos altares laterais, próximo da transição capela mor e corpo da igreja, para os santos basta colocar um sensor em cada altar ao nível da base da escultura principal.



Fig. 6.8 – Localização dos sensores destinados às esculturas nos altares laterais

Nos restantes santos terão de se colocar os sensores na base de cada um, como mostram as seguintes imagens.



Fig. 6.9 – Localização dos sensores relativos às esculturas na capela mor (esquerda) e no corpo principal da igreja (direita)

Para avaliar as características próximas ao órgão monumental, caso exista, os sensores devem ser colocados perto da base do órgão. Na igreja em exemplo o órgão está no piso inferior e o sensor deve ser colocado na superfície do piso junto do órgão protegido à possibilidade dos pontapés.

Para monitorizar o conforto térmico dos utilizadores da igreja é necessário medir a temperatura dos pés, dos joelhos, das mãos e da cabeça. Portanto, aproximadamente, é necessário

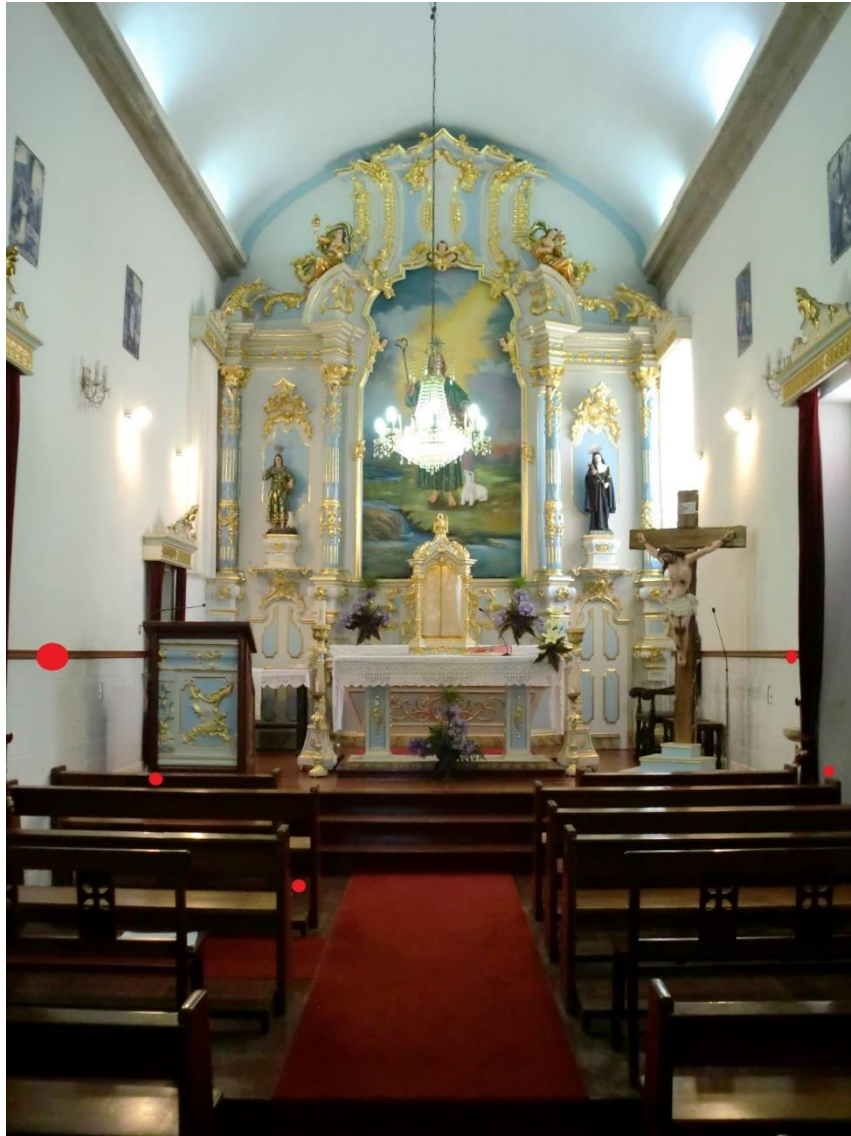


Fig. 6.10 – Localização dos sensores de monitorização do conforto térmico

Na imagem anterior da capela mor as bolas vermelhas representam os sensores responsáveis pela monitorização do conforto térmico. O sensor mais alto responsável pela medição da temperatura perto da cabeça quando a pessoa está de pé será instalado na ripa de madeira colocada em todo o perímetro à mesma altura em toda a igreja. Este sensor será colocado em dois locais da capela mor e quatro no corpo da igreja. O sensor responsável pela monitorização da cabeça quando as pessoas estão sentadas fica na parte superior do banco e segue o mesmo número de sensores. Os sensores responsáveis por medir a temperatura perto dos pés ficam no joelho do banco e seguem o mesmo número.

Se os sensores descritos neste subcapítulo forem todos instalados é possível garantir a conservação dos elementos principais da igreja. No entanto, se optarem por fazer um estudo mais profundo é necessário a instalação de mais sensores perto do tecto, pavimento e centro da igreja. Não entraremos em grande pormenorização visto que cada modelo 3D depende do programa a que está associado, e apenas inte-

ressa para esta dissertação alertar para a existência de condições ambientais que provoquem patologias nos elementos da igreja.

Nos esquemas seguintes estão demonstrados os sensores necessários para uma monitorização mínima do conforto térmico das pessoas e o risco das patologias, tanto na planta da igreja como no corte longitudinal.

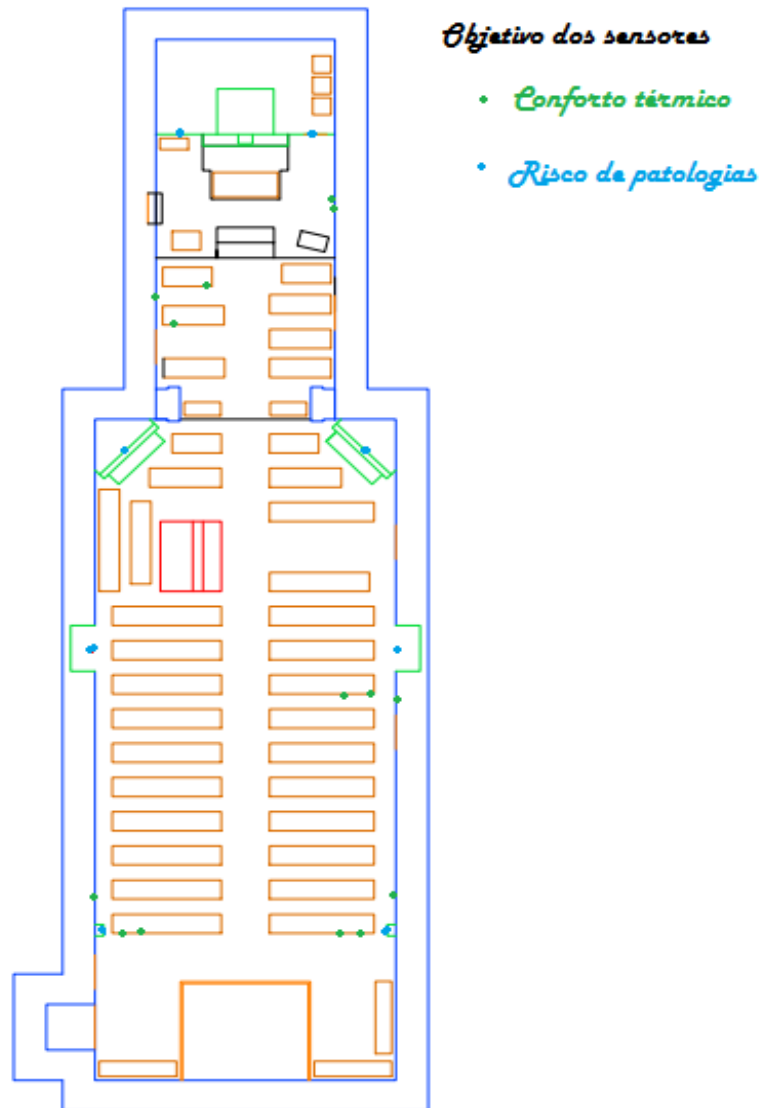


Fig. 6.11 – Localização dos sensores de monitorização

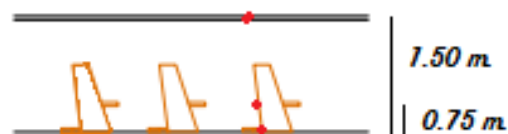


Fig. 6.12 – Localização dos sensores de monitorização que avaliam o conforto térmico

6.5. PERFIS DE TEMPERATURAS E HUMIDADES RELATIVAS

Depois de instalados os sensores responsáveis por medir a evolução da temperatura e a humidade, começam a registar os dados e a junção desses dados permite criar perfis quer de temperaturas como perfis de humidades.

Neste subcapítulo são apresentados diagramas obtidos na igreja de São Cristóvão de Lisboa para a dissertação de Carla Sofia Sampaio Leandro da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Estes diagramas apenas servem como exemplo para uma abordagem metodológica na análise de diversas igrejas. Estas monitorizações não foram realizadas no âmbito desta dissertação devido à falta de tempo para a sua realização, e para além de que a maioria do tempo de realização desta dissertação não é durante o inverno.

Os perfis de temperatura que podem ser obtidos são:

- Evolução da temperatura ao longo do tempo;
- Evolução da humidade ao longo do tempo.

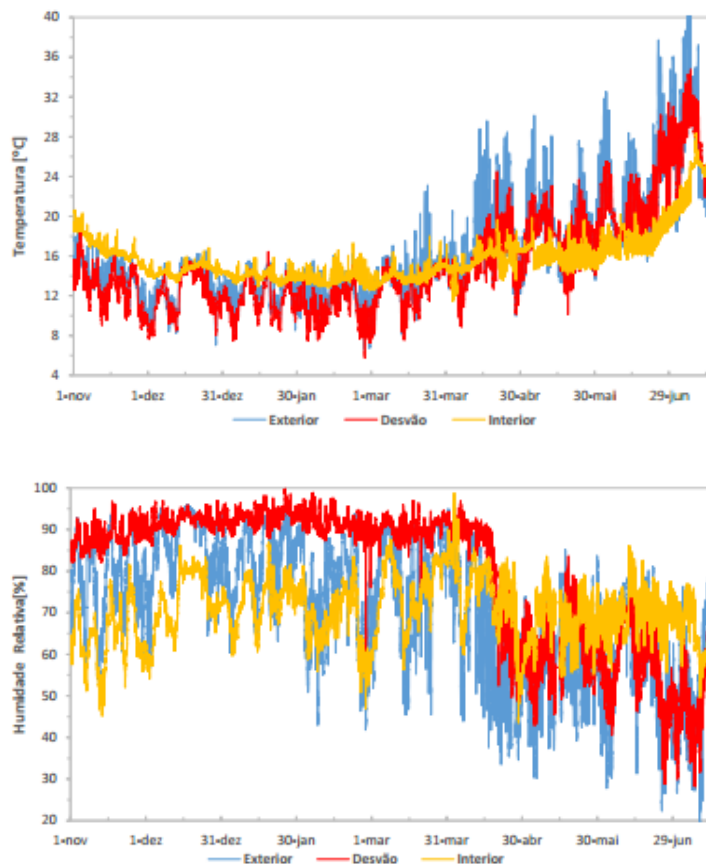


Fig. 6.13 – Evolução da temperatura e humidade interior, exterior e no desvão da cobertura entre 01/11/2012 e 16/07/2013 [67]

Para cada sensor é possível resultar cada um dos gráficos anteriores. No entanto, a monitorização não é apenas avaliar as condições atmosféricas interior em cada sensor. O objetivo é coordenar os vários sensores e descrever o clima geral da igreja comparando e agrupando os sensores por grupos.

Um dos perfis que se pode obter é a evolução das temperaturas ao longo dos vários sensores localizados ao longo de uma linha contínua na planta, como é o caso do gráfico seguinte, que essa linha se localiza ao longo do centro da nave.

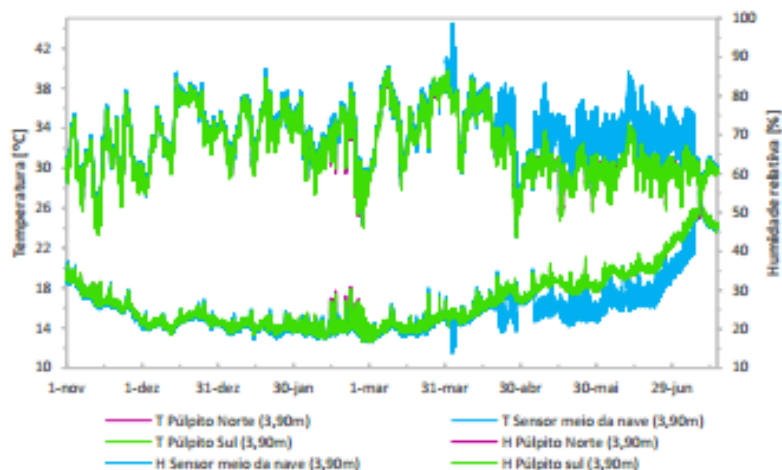


Fig. 6.14 – Evolução da temperatura e humidade nos sensores colocados no centro da nave [67]

Com este gráfico podemos definir a evolução da temperatura e da humidade ao longo de um corte transversal no centro da nave da igreja.

No entanto, também podemos definir as temperaturas ao longo de uma coluna vertical como é o caso do gráfico seguinte.



Fig. 6.15 – Evolução da temperatura e humidade ao longo de uma coluna vertical [67]

Este gráfico já nos permite mais facilmente avaliar o conforto térmico nos pontos que já definimos anteriormente. Cada altura da igreja tem uma determinada temperatura, e isso, pode ser observado através deste gráfico.

Para além disso, podemos observar a evolução das temperaturas e humidades ao longo de um corte longitudinal em várias seções da igreja e depois representar o clima interior da igreja em forma 3D. Na

avaliação do clima da igreja de S. Cristóvão em Lisboa foram desenhados os dois seguintes gráficos de temperaturas e humidades a 3,90 metros e 5,30 metros.

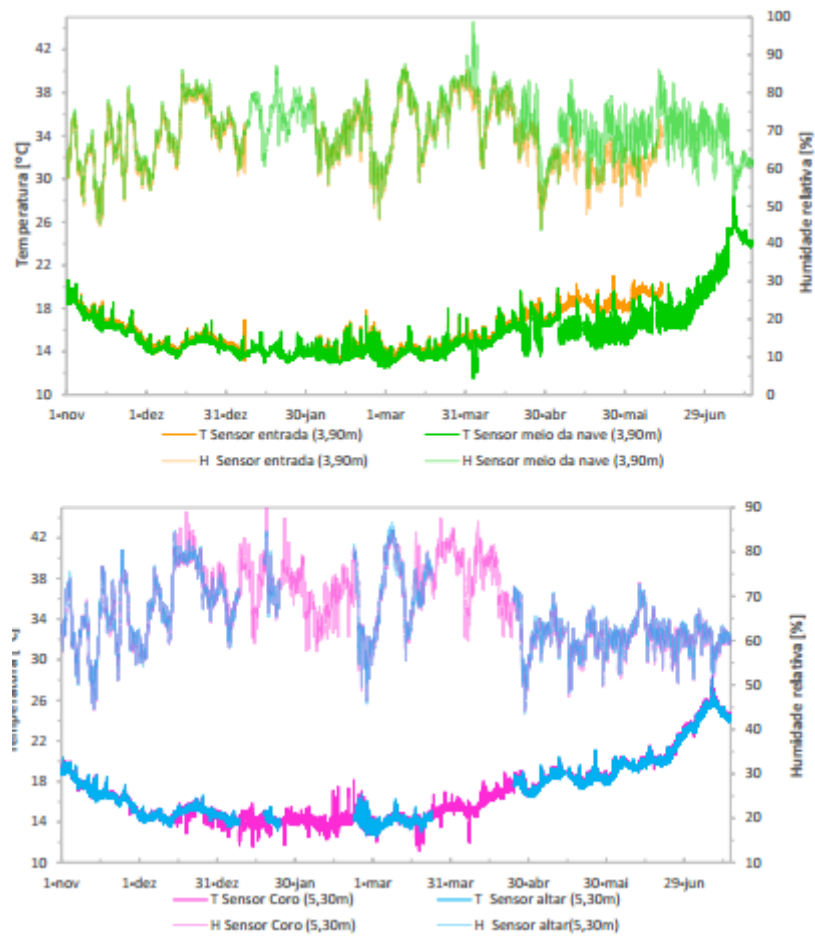


Fig. 6.16 – Gráficos de temperaturas e humidades ao longo de cortes longitudinais a 3,90 metros (cima) e a 5,30 metros (baixo) [67]

Dito já anteriormente, estes perfis de temperaturas e humidades obtidos por sensores colocados estrategicamente nas igrejas permitem descrever a evolução do clima interior destes edifícios em três dimensões. Nas imagens seguintes são representados os mapeamentos horizontais a 2,85 metros das temperaturas e humidades, e para além disso, é feita a representação tridimensional das temperaturas e humidades respetivamente.

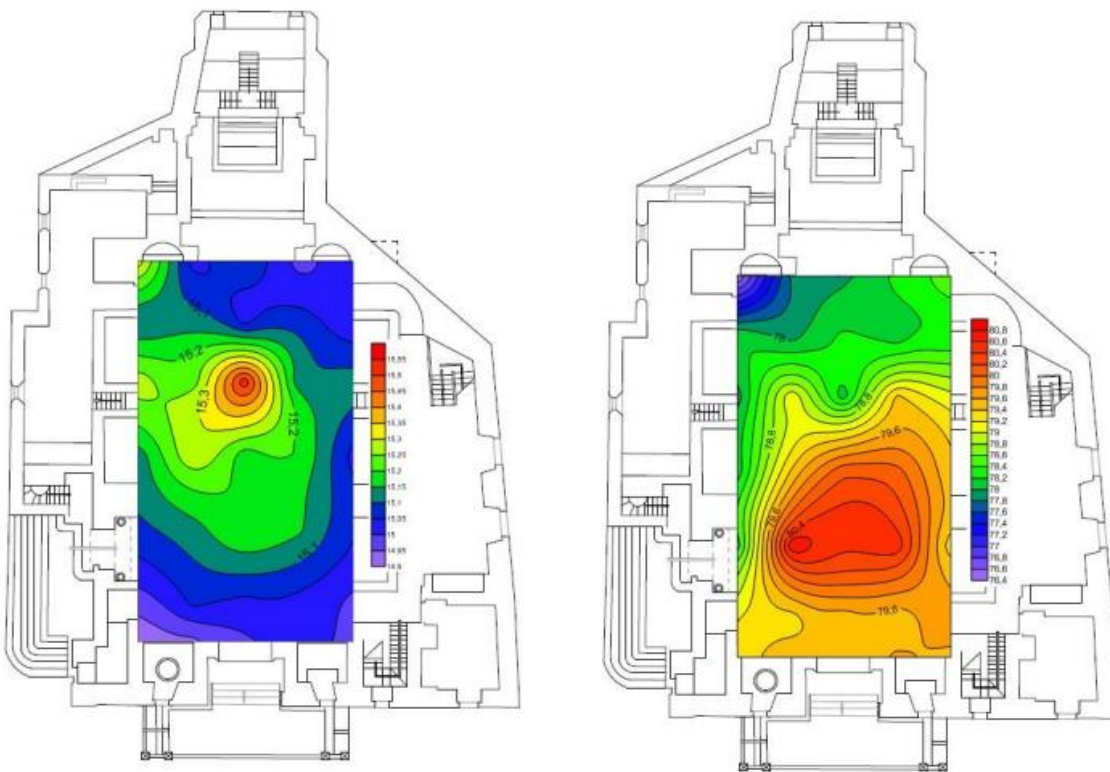


Fig. 6.17 – Mapeamento horizontal de temperaturas (esquerda) e de humidades (direita) a 2,85m de altura [67]

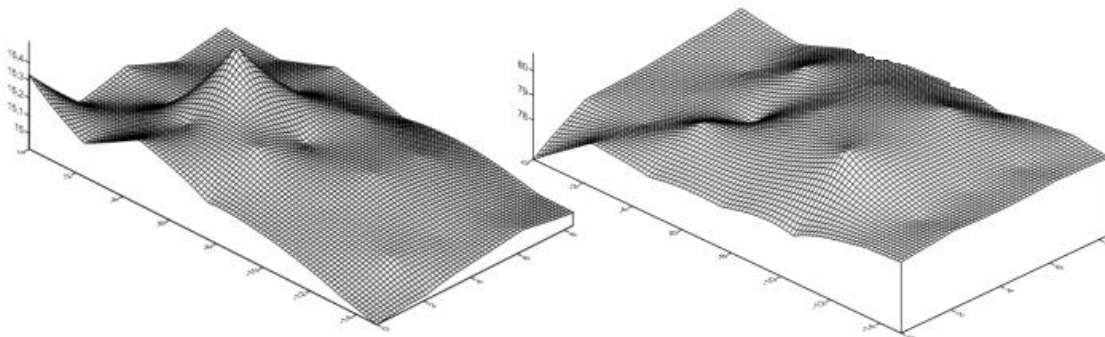


Fig. 6.18 – Representação tridimensional de temperaturas (esquerda) e de humidade (direita) [67]

A realização deste tipo de gráficos 3D torna mais fácil a monitorização e a perceção da evolução destas duas características relevantes para a presenças patologias estudadas anteriormente.

Neste exemplo de registos, é possível observar pelo mapeamento horizontal e pela representação tridimensional das temperaturas que através das isolinhas observa-se que ao longo da nave principal a variação das temperaturas é reduzida, variando de 14,9°C a 15,6°C. Esta estabilidade de temperaturas é justificada pela igreja estar fechada a maioria do tempo. Junto da porta de entrada da sacristia e na zona central da nave principal as temperaturas são mais altas, contrastando com o altar-mor e a porta de entrada que são os locais com temperaturas mais baixas.

Pelos gráficos da direita das imagens anteriores – mapeamento horizontal de humidades e a representação tridimensional de humidades – pode-se constatar que a humidade relativa não varia muito, estando entre 76,4% e os 81%. Os valores mais baixos de humidade relativa localizam-se nos sítios em que ocorre as temperaturas mais elevadas, isto é, na sacristia e na zona central da nave principal. Os valores de humidade inferiores registam-se na entrada da igreja.

Sendo assim, observando estes diagramas em 3 dimensões é possível constatar que os locais com piores condições higrotérmicas são a porta da entrada da igreja e no altar-mor. Como realizado neste exemplo, pode também ser realizado noutras igrejas tornando mais fácil o controlo das condições higrotérmicas.

6.6. PLATAFORMA DO CONHECIMENTO BASEADA NAS TIC

Nas igrejas a existência de aquecimento é importante, mas a proteção do património cultural devido às possíveis patologias causadas pelo aquecimento ainda mais importante é. A criação de uma plataforma do conhecimento das temperaturas e humidades relativas existentes nas igrejas de Portugal seria importante para alertar para as condições favoráveis à criação de patologias no património existente no interior de uma igreja (desde o pavimento de madeira até à escultura mais alta). O património deve ser preservado em boas condições e este sistema permitiria que isso acontecesse.

Os fatores principais que já foram aqui discutidos e que serão os mais importantes a controlar com esta plataforma são:

- 1) Risco de condensações;
- 2) Conforto térmico e desconforto;
- 3) Variação dimensional;
- 4) Consumo de energia.

A monitorização da presença de condições propícias a condensações, a existência ou não do conforto térmico e a possibilidade de existir degradação das esculturas e pinturas passa por avaliar as temperaturas e a humidade relativa do clima interior das igrejas. Os gastos de energia têm em conta a energia gasta após o sistema de aquecimento entrar em funcionamento.

Para garantir o controlo dos 3 principais fatores, como já foi referido anteriormente, é necessário ter em conta as temperaturas e a humidade existente na igreja. Estas temperaturas e humidades podem ser medidas através de datalogger colocados nos sítios chave que já foram descritos nos subcapítulos anteriores.

Para a monitorização da energia gasta pelo sistema de aquecimento é necessário a instalação de um equipamento capaz de medir a energia elétrica, isto é, que funcione como um contador elétrico, mas para cada aparelho do sistema de aquecimento. Sendo uma monitorização individual tem se em atenção a possibilidade da deteção da existência de um funcionamento anormal de algum destes aparelhos de aquecimento.

Já sendo conhecido o número aproximado de igrejas em cada distrito de Portugal, nesta fase seguinte é proposto a existência de igrejas piloto localizadas em vários pontos do país. Para além disso, seriam igrejas localizadas na proximidade de outras igrejas, tornando possível a descrição de ambientes semelhantes de outras igrejas. Os 6 pontos estratégicos para monitorização de algumas igrejas seriam: Bragança, Braga, Coimbra, Lisboa, Portalegre e Beja.

Esta análise das igrejas será feita através das tecnologias de informação e comunicação em que será criado um programa informático e alerta quando a temperatura superficial interior superior à temperatura de orvalho, quando as temperaturas nos pontos fulcrais de conforto são mais baixas que às que deveriam estar ou quando os gastos elétricos são mais elevados que ao sistema de aquecimento normalmente consome.

Este sistema seria ideal se todas as igrejas ou a maior parte das igrejas de algum grupo adotasse um sistema de aquecimento. Para o atual panorama do aquecimento nas igrejas portuguesas esta plataforma não tem fundamento em existir. No entanto, esta plataforma pode ser aplicada a outro tipo de edifícios, como por exemplo, habitações, escolas, centros comerciais, entre outros.

6.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A monitorização do clima interior de uma igreja é importante para controlar o conforto térmico e o risco da existência de patologias. Esta monitorização pode ser feita pessoalmente, isto é, recolha de dados aparelho a aparelho, ou por wireless onde a recolha é feita numa central que recebe os dados recolhidos pelos aparelhos instalados nos locais de estudo.

Estes aparelhos de medição começaram por surgir com o intuito para medir apenas uma grandeza, como é o caso do termómetro para medir a temperatura, e atualmente, já se consegue medir a temperatura e a humidade relativa apenas num aparelho de medida, como é o exemplo dos datalogger. Estes sensores devem ser instalados para garantir que não haja danos nas esculturas e para que haja conforto térmico dos utilizadores das igrejas. Por isso, os sensores para uma monitorização mínima devem ser colocados ao nível dos pés, mãos e cabeça quando as pessoas estão em pé garantindo o conforto térmico e devem ser colocados na base das esculturas e do órgão monumental para que não existam condensações perto destes elementos constituintes da igreja.

Estes sistemas de monitorização são importantes para o controlo das condições interiores das igrejas, mas mais importante é a interpretação dos perfis da temperatura e da humidade e a verificação da existência de condições para a existência de patologias. A criação de uma plataforma de conhecimento a nível nacional que interpretasse as medições recolhidas seria uma forma de tratamento mais célere.

7

CONCLUSÃO

7.1. SÍNTESE DAS CONCLUSÕES OBTIDAS

Esta dissertação surgiu da falta de informação sobre o aquecimento nas igrejas. De forma a abordar este tema foram definidos objetivos. Objetivos esses que passam pela discussão da necessidade dos sistemas de aquecimento.

Os sistemas de aquecimento são importantes para melhorar o clima interior dos edifícios, mas a questão central desta dissertação é avaliar se o aquecimento é imprescindível para se atingir o conforto térmico nas igrejas em Portugal. Refere-se que através do sistema de informação para o património arquitetónico foi possível quantificar cerca de 4700 igrejas em Portugal.

O conforto térmico depende de fatores ambientais e fatores dependentes do Homem. A temperatura do ar é um dos fatores preponderantes para o conforto térmico e concluiu-se que a temperatura de conforto para as igrejas é 20°C. Tendo em conta esta temperatura de conforto e a análise dos registos de temperatura e humidade relativa das duas igrejas localizadas no norte do país concluiu-se claramente que as igrejas em Portugal não atingem as condições de conforto térmico. Para concluir, é necessário a instalação de sistemas de aquecimento para atingir o conforto nas igrejas portuguesas.

Após a realização do inquérito aos sacerdotes da vigararia Trofa/ Vila do Conde concluiu-se que o tema do aquecimento não é de todo importante para os responsáveis pelo culto católico. As obras que tiveram prioridade nestes últimos anos foram o restauro da cobertura e a renovação dos altares. No entanto, quando questionados sobre este tema referem que não há informação suficiente sobre os diversos sistemas de aquecimento e que não há meios financeiros para a instalação e a manutenção dos sistemas de aquecimento.

De forma a fomentar a informação sobre os sistemas de aquecimento foi realizada a análise de alguns dos sistemas de aquecimento: o ar condicionado, radiador, pavimento radiante, infravermelho, ventilos-convectores, aquecimento de assentos. Nesta análise foram tidos em conta a distribuição de temperaturas, a manutenção necessária e a integração arquitetónica. No entanto, a análise para ser completa devia ter em conta a energia consumida, o custo inicial e a adaptabilidade às igrejas, pelo que não foi possível chegar à conclusão sobre o qual melhor sistema de aquecimento.

Com base em estudos realizados noutros países é possível concluir que o aquecimento de igrejas influencia as condições do seu clima interior. O aumento da temperatura interior provoca a diminuição da humidade relativa. Esta redução de humidade a valores extremos é prejudicial para os elementos e materiais em madeira que irão ter fissuras e outras patologias originárias da secagem da madeira. Por

outro lado, o alongamento ou encolhimento da madeira são problemáticos para os órgãos monumentais: modifica a frequência emitida pelo órgão alterando o som produzido, portanto conclui-se que os órgãos devem estar em ambientes estáveis, pelo que os órgãos devem ser sintonizados para a temperatura normal de onde estarão em funcionamento.

A monitorização do clima interior de uma igreja é importante para controlar o conforto térmico e o risco da existência de patologias. O registo das flutuações de temperaturas e humidades relativas são obtidas através de sensores que podem funcionar por wireless ou transferência direta. A criação de uma plataforma de conhecimento baseada nas tecnologias de informação permite organizar esses registos e alertar para o desconforto ou existência de condições para patologias nas igrejas, sendo esta uma das propostas desta dissertação.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Com o objetivo de continuar a debater esta temática do aquecimento neste tipo de edifícios que são as igrejas propõem-se os seguintes desenvolvimentos futuros:

- Definir mais concretamente as temperaturas de conforto térmico para as igrejas, sendo que existem em grande número e deve-lhe ser dado a importância de atingir o conforto para os seus utilizadores;
- Confirmar a influência que cada sistema de aquecimento tem na distribuição das temperaturas interiores para comprovar mais facilmente o que foi dito nesta dissertação;
- Realização de um estudo dos gastos energéticos associados aos diversos sistemas de aquecimento que aqui foram abordados. Com esse estudo, os sistemas de aquecimento ficam completamente avaliados e aí escolher a melhor opção que altera ou mantém a mesma opção que se fez nesta dissertação;
- Fazer a monitorização das igrejas piloto para verificar se há grandes diferenças nos seus climas interiores em comparação com as igrejas do norte que foram alvo de estudo nesta pesquisa;
- Definir as patologias que podem ocorrer perante certas condições do clima interior de uma igreja e avaliar essas patologias de forma a dar um diagnóstico do estado dos elementos constituintes da igreja;
- Desenvolver um trabalho ou livro que explique as várias etapas que são necessárias para instalar um sistema de aquecimento, de forma aos párocos estarem bem informados e se sentirem mais seguros na compra de um sistema de aquecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pereira da Silva, Pedro Correia. *Análise do Comportamento Térmico de Construções não Convencionais através de Simulação em VisualDOE*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho – Engenharia Civil, 2006
- [2] Oliveira, Leonel. *Nova Enciclopédia Larousse*. Círculo de Leitores, 1998
- [3] Barros Frota, Anésia, Ramos Schiffer, Sueli. *Manual de Conforto Térmico*. Carla Milano, São Paulo, 2006
- [4] Conforto térmico: <http://www.dryvit.pt/confortotermico.htm>. 18/04/2016
- [5] Entradas Silva, Hugo Filipe. *Avaliação do clima interior de uma igreja em Lisboa*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2012
- [6] Da Silva, T.A.L. *Estudo experimental do comportamento higrotérmico de igrejas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008
- [7] Empresa SustentArqui: <http://sustentarqui.com.br/dicas/importancia-da-ventilacao-natural-para-arquitetura-sustentavel/>. 18/04/2016
- [8] Lamberts, Professor Roberto. *Conforto e stress térmico*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014
- [9] Apresentação do conforto térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo
<http://pt.slideshare.net/nunes cristiane/conforto-termico>. 18/04/2016
- [10] Henricus Lambertus Schellen. *Heating Monumental Churches*. Dissertação de doutoramento, Universidade Técnica de Eindhoven, 2002
- [11] <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAJe8AF/aula-2-conforto-i-alunos>. 18/04/2016
- [12] William Bordass, Colin Bemrose. Human Comfort. In *Heating your church*, 106, Church House, Inglaterra, 1996.
- [13] Carvalho, Leonardo. *Estudo comparativo entre carga térmica detalhada e simplificada para climatização*. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade Federal de Bahia, 2009
- [14] Blog “Coisas da Arquitetura”: <https://coisasdaarquitetura.wordpress.com/2011/09/22/morfologia-da-igreja-barroca-no-brasil-i/>. 10/05/2016
- [15] Mapa das dioceses do Centro de Preparação do Matrimónio:
http://cpm-portugal.pt/Noivos/calend_1.htm. 10/05/2016
- [16] Anuário da Igreja Católica em Portugal: <http://www.anuariocatolicoportugal.net/>. 10/05/2016
- [17] Diário da República, 2ª série – N.º 234 – 3 de dezembro de 2013:
http://www.get.pt/site_files/publicaes/portugues/novos_regulamentos_050320141403110515.pdf. 06/06/2016
- [18] Instituto português do mar e da atmosfera:
https://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/pdsi/monitorizacao/evolucao/index.jsp?page=os_evolucao_divisao.xml. 06/06/2016

- [19] Gonçalves Teixeira, António Filipe. *Estudo do desempenho térmico de um piso radiante hidráulico com diferentes acabamentos na superfície*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Engenharia da Beira Interior, 2010
- [20] Alves Esdras, Pedro Manuel. *Análise do desempenho térmico de um piso radiante hidráulico*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior, 2011
- [21] Uponor. *Manual técnico de climatización invisible*. Fevereiro de 2013.
<https://www.uponor.pt/~media/countryspecific/spain/download-centre/manuals/manual-tecnico-suelo-radiante.pdf?version=1>. 09/03/2016
- [22] Aquecimento de pisos: revisão bibliográfica e estudo teórico do desempenho em regime transitório sob custo de energia variável no tempo.
https://www.researchgate.net/publication/283347444_AQUECIMENTO_DE_PISOS_REVISAO_BIBLIOGRAFICA_E_ESTUDO_TEORICO_DO_DESEMPENHO_EM_REGIME_TRANSITORIO_SOB_CUSTO_DE_ENERGIA_VARIABEL_NO_TEMPO. 10/03/2016
- [23] Infrarot Heizungssysteme:
<http://infrarot-heizung.co.at/pt/aquecimento-infravermelho>. 20/03/2016
- [24] Empresa Izoterma:
<http://www.izoterma.com.pl/2.Pew-heating-system---Church-heating>. 04/04/2016
- [25] Blog “Quente e Frio”:
<http://www.quente-e-frio.info/sistemas-avac-o-conforto-da-climatizacao>. 07/04/2016
- [26] Gestão de energia térmica Lda. *Eficiência energética dos sistemas de AVAC em edifícios*:
http://www.get.pt/site_files/publicaes/a_eficincia_energica_dos_sistemas_de_avac_nos_edificios1301115926.pdf. 07/04/2016
- [27] Räcknagel; Sprenger; Hönman. *Manuel pratique du génie climatique*, 784, Edição PYC, 1995
- [28] Blog “Ar condicionado”
<http://www.arcondicionado.com.pt/vantagens-e-desvantagens-do-ar-condicionado>. 07/04/2016
- [29] Dias Oliveira, Tiago Joaquim. *AVAC – Orçamentação e Direção de Obra*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2011
- [30] Blog “Canalizar e aquecer”
<http://www.canalizareaquecer.com/aquecimento/os-circuitos-de-aquecimento-central.html>. 11/04/2016
- [31] “Portugal carros”
<http://www.carro-carros.com/carros/auto-repair/engine-cooling-systems/70142.html>. 14/04/2016
- [32] Domingos, José Martins da Silva. *Simulação térmica multizona de um centro social no âmbito do RSECE: Análise de várias soluções AVAC*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2014
- [33] Loja HCF Portugal
<http://www.hcfportugal.com/eshop/agua-quente/ventiloconvectores.html>. 14/04/2016

- [34] Cavique, Miguel, Coelho, António Gonçalves. *Comparação entre sistemas de ar condicionado*.
http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/inive/climamed/61.pdf. 14/04/2016
- [35] Patente de um ventiloconvetor
<https://www.google.com/patents/US5152154>. 14/04/2016
- [36] Rebelo, Vasco Manuel de Noronha. *Estudo para a otimização dos sistemas de climatização com vista à obtenção de um edifício com baixas necessidades energéticas em climatização*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2012
- [37] Empresa “Web ar condicionado”
<http://www.webarcondicionado.com.br/tipos-de-aparelhos>. 18/04/2016
- [38] Blog “Portal electricista”
<http://www.portaleletricista.com.br/ar-condicionado-split/>. 18/04/2016
- [39] Noticias de Blumenau
<http://jaimebatistadasilva.blogspot.pt/2012/02/fe-climatizada-algumas-igrejas-de.html>. 18/04/2016
- [40] Empresa “SolarWaters”
<http://www.solarwaters.pt/aquecimento-central-por-piso-radiante-a-agua>. 17/03/2016
- [41] Empresa “Aspilusa”
<http://www.aspilusa.pt/piso-radiante-tecnologia.html>. 17/03/2016
- [42] Blog de material realizado pelos alunos no estágio do curso de Arquitetura e Urbanismo
<http://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=piso-aquecido-radiante>. 17/03/2016
- [43] Empresa Casa & Planos
<http://www.casaepianos.com/energia/piso-radiante.html>. 17/03/2016
- [44] Catálogo da Etherma: “Aquecimento elétrico por piso radiante”
<http://www.evolucom.pt/pdf/catalogoetherma.pdf>. 17/03/2016
- [45] Empresa “Solarcondicionado”
<http://www.solarcondicionado.pt/piso-radiante-porto-povoavarzim.html>. 18/03/2016
- [46] Freitas, Vasco Peixoto, Barreiro, Eva, *Termografia*. Aula de Patologia e Reabilitação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015
- [47] Empresa “Arflex”
<http://www.arflex.pt/pt/53/aquecimento-por-infravermelho>. 21/03/2016
- [48] Blog “Ciências aqui”
<http://cienciasaqui.blogspot.pt/2010/04/radiacao-infravermelha.html>. 21/03/2016
- [49] Loja “Ali express”
<http://tr.aliexpress.com/w/wholesale-ceramic-infrared-lamp.html>. 21/03/2016
- [50] Empresa “Domotron”

- <http://www.domotron.eu/coxins-radiantes.html>. 25/03/2016
- [51] Empresa “Sistema de conforto eficiente”
- <http://www.appliancearts.com/index.php/conforto-climatizacao>. 25/03/2016
- [52] Empresa “Riscaldati”
- <http://www.riscaldati.com.br/piso-aquecido-radiante/>. 26/05/2016
- [53] Blog “Ar condicionado – multisplit”
- <http://www.multisplit.net/artigos/como-fazer-a-manutencao-ao-ar-condicionado>. 07/04/2016
- [54] Empresa “Centraltec”
- <http://centraltec.pt/aquecimento-central-questoes/>. 09/06/2016
- [55] Blog “Travels”
- <http://filipdemuinck-kristelpardon.blogspot.pt/2014/07/tourist-friendly-st-martinus-church.html>. 19/05/2016
- [56] Freitas, Vasco Peixoto, Torres, Maria Isabel, Guimarães, Ana Sofia, Humidade na Construção. In *Humidade Ascensional*, 106, Feup edições, Porto, 2008.
- [57] Esteves, Carlos Manuel Garcia. *Identificação das propriedades de difusão na madeira pinus pinaster aiton*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009.
- [58] Shellen, H. L., Schijndel, A.W.M., Neilen, D., Aarle, M.A.P.. *Damage to a monumental organ due to wood deformation caused by church heating*. Eindhoven University of Technology, <http://alexandria.tue.nl/openaccess/Metis159433.pdf>. 26/05/2016
- [59] Machado, Nuno Cláudio de Carvalho Mendes. *Varição dimensional da madeira devida ao seu comportamento higroscópico*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006
- [60] Igreja de Vila Real
- https://www.google.pt/search?q=org%C3%A3o+monumental+de+braga&biw=681&bih=642&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjU5aaX4p7NAhWOzRoKHWiFDIAQ_AUIBigB#tbm=isch&q=org%C3%A3o+monumental+de+vila+real&imgsrc=Jgk4MtTpD0jEmM%3A.
- [61] Instituto português do mar e da atmosfera
- <https://www.ipma.pt/pt/agrometeorologia/mapas>. 27/05/2016
- [62] Agência Portuguesa do Ambiente, Laboratório Referência do Ambiente. *Qualidade do Ar em Espaços Interiores*, 56, Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora, 2009.
- [63] Fernandes, António Jorge de Almeida. Sistema de Monitorização Remota da Temperatura e Humidade de Câmaras de Frio. Relatório de Projeto, Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico da Guarda, 2012.
- [64] Marques, Leandro Nunes Martins Vieira. *Monitorização Estática e Dinâmica: Aplicações*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2007.
- [65] Museu Machado do Castro

<http://museumachadocastro.pt/Data/Documents/Prevenir%20para%20preservar%20o%20patrimonio%20museol%C3%B3gico.pdf>. 01/06/2016

[66] Carvalho, Priscila Ribeiro. *Conservação preventiva e sua aplicabilidade: análise em vitrines testes em ambiente não climatizado*. Dissertação, Faculdade de Ciência de Informação da Universidade de Brasília, 2014

[67] Leandro, Carla Sofia Sampaio. *Avaliação do clima interior da igreja de São Cristóvão em Lisboa*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2014

[68] Empresa “Building conservation”

<http://www.buildingconservation.com/articles/fabric-friendly-heating/fabric-friendly-heating.htm>

[69] Congresso técnico científico da Engenharia e da Agronomia

https://www.researchgate.net/publication/266318643_UTILIZACAO_DE_SENSOR_DE_ARQUITURA_INTELIGENTE_PARA_MONITORAR_ESTUFAS_DE_SECAGEM_DE_MADEIRA_EM_LABORATORIO. 27/05/2016

[70] Blog “Promuseum”

<http://www.promuseumiberica.com/fiche/C713-termohigrografo-de-papel.html>. 23/05/2016

[71] Empresa “Direct Industry”

<http://www.directindustry.com/prod/aemc-instruments/product-36223-1332753.html>. 23/05/2016

[72] Empresa “Airalia.es”

<http://www.airalia.es/higrometros/el-mejor-higrometro-guia-de-compra/>. 23/05/2016

ANEXOS

ANEXO I – LISTA DE IGREJAS DO DISTRITO DO PORTO FORMADA ATRAVÉS DE INFORMAÇÃO DISPONIBILIZADA PELOS SITES DAS JUNTAS DE FREGUESIA E CONFIRMADA PELOS SITES DAS CÂMARAS MUNICIPAIS

| | | |
|---------------------------|------------------------------------|---|
| AMARANTE | ANSIÃES | Igreja Matriz |
| | | Igreja Paroquial de Ansiães/ Igreja de São Salvador |
| | CANDEMIL | Igreja Paroquial de S. Cristóvão |
| | FREGIM | Igreja Paroquial da Nossa Senhora do Rosário |
| | FRIDÃO | Igreja Matriz de Fridão |
| | | Igreja Paroquial de São Faustino de Fridão |
| | GONDAR | Igreja Nova de São João Batista de Gondar (Igreja Matriz) |
| | | Igreja Paroquial de Gondar |
| | JAZENTE | Igreja de Santa Maria de Jazente |
| | LOMBA | Igreja da Lomba |
| | LOUREDO | Igreja Matriz de Louredo |
| | | Igreja de S. João Batista - Louredo |
| | LUFREI | Igreja de Salvador |
| | MANCELOS | Igreja de São Martinho |
| | PADRONELO | Igreja de Santo André - Padronelo |
| | REBORDELO | Igreja de Rebordelo |
| | SALVADOR DO MONTE | Igreja Matriz de Salvador do Monte |
| | GOUVEIA (S. SIMÃO) | Igreja matriz de São Simão de Gouveia |
| | | Igreja paroquial de São Simão de Gouveia |
| | TELÕES | Igreja de Santo André de Telões |
| TRAVANCA | Mosteiro de Travanca (Igreja) | |
| VILA CAIZ | Igreja paroquial de Vila Caiz | |
| VILA CHÃ DO MARÃO | Igreja Matriz de Vila Chã do Marão | |
| ABOADELA, SANCHE E VÁRZEA | Igreja Paroquial de Aboadela | |
| | Igreja matriz de Sanche | |

| | | |
|--------|---|--------------------------------------|
| | | Igreja Matriz de Várzea |
| | | Igreja e Convento de São Gonçalo |
| | | Igreja de São Domingos |
| | AMARANTE (SÃO GONÇALO), MADALENA, CEPELOS E GATÃO | Igreja de São Pedro |
| | | Igreja paroquial da Madalena |
| | | Igreja paroquial de Cepelos |
| | | Igreja de São João Batista |
| | BUSTELO, CARNEIRO E CARVALHO DE REI | Igreja paroquial de Bustelo |
| | | Igreja paroquial de carneiro |
| | | Igreja de Carvalho de Rei |
| | FIGUEIRÓ (SANTIAGO E SANTA CRISTINA) | Igreja de Figueiró Santa Cristina |
| | | Igreja Matriz Figueiró São Tiago |
| | FREIXO DE CIMA E DE BAIXO | Igreja do Salvador (Freixo de Baixo) |
| | | Igreja paroquial do Freixo de Cima |
| | OLO E CANADELO | Igreja matriz de Olo |
| | | Igreja matriz de Canadelo |
| | | Igreja Salvador de Real |
| | REAL, ATAÍDE E OLIVEIRA | Igreja românica de Real |
| | | Igreja paroquial de Ataíde |
| | | Igreja paroquial de Oliveira |
| | VILA GARCIA, ABOIM E CHAPA | Igreja de Vila Garcia |
| | | Igreja paroquial de Aboim |
| | | Igreja paroquial de Chapa |
| AROUCA | ALVARENGA | Capela da Senhora do Monte |
| | | Capela da Senhora dos Aflitos |
| | | Igreja do século XI |
| | | Capela de Santo António |

| | | |
|--|---|---|
| | CHAVE | Igreja paroquial de Chave |
| BAIÃO | FRENDE | Igreja Matriz de Frende |
| | GESTAÇÃO | Igreja matriz de Gestaçô |
| | GOVE | Igreja matriz de Gôve |
| | GRILO | Igreja matriz de Grilo |
| | LOIVOS DO MONTE | Igreja matriz de Loivos do Monte |
| | SANTA MARINHA DO ZEZE- RE | Igreja matriz de santa marinha do Zêzere |
| | VALADARES | Igreja paroquial de Valadares (Santiago de Valadares) |
| | VIARIZ | Igreja matriz de Viariz |
| | ANCEDE E RIBADOURO | Mosteiro de Santo André de Ancede |
| | | Igreja matriz de Santo António do Ribadouro |
| | BAIÃO (SANTA LEOCÁDIA) E MESQUINHATA | Igreja paroquial de santa Leocádia |
| | | Igreja matriz de Baião |
| | | Igreja paroquial de Mesquinhata |
| | CAMPELO E OVIL | Igreja matriz de Campelo |
| | | Igreja matriz de ovil |
| | LOIVOS DA RIBEIRA E TRE- SOURAS | Igreja matriz de Loivos da Ribeira |
| Igreja matriz de Tresouras | | |
| SANTA CRUZ DO DOURO E SÃO TOMÉ DE COVELAS | Igreja matriz de Santa Cruz do Douro | |
| | Igreja matriz de São Tomé de Covelas | |
| TEIXEIRA E TEIXEIRÓ | Igreja de São Pedro (Teixeira) | |
| | Igreja de Teixeiraó | |
| FELGUEIRAS | AIÃO | Igreja matriz de Aião |
| | AIRÃES | Igreja de Santa Maria de Airães |
| | FRIANDE | Igreja matriz de Friande |
| | IDÃES | Igreja paroquial de Idães |
| | JUGUEIROS | Igreja matriz de jugueiros |

| | |
|---|-------------------------------------|
| PENACOVA | Igreja de Penacova |
| PINHEIRO | Igreja matriz de Pinheiro |
| POMBEIRO DE RIBAVIZELA | Mosteiro de pombeiro de Riba Vizela |
| REFONTOURA | Igreja de Refontoura |
| REGILDE | Igreja matriz de Regilde |
| REVINHADE | Igreja matriz de Revinhade |
| SENDIM | Igreja paroquial de Sendim |
| MACIEIRA DA LIXA E CARAMOS | Igreja matriz da macieira da lixa |
| | Igreja matriz de Caramos |
| MARGARIDE, VÁRZEA, LAGARES, VARZIELA, MOURE | Igreja matriz de Várzea |
| | Igreja matriz de Margaride |
| | Igreja de Santa Quitéria |
| | Igreja matriz de Lagares |
| | Igreja de Lagares |
| | Igreja paroquial de Varziela |
| | Igreja de Pedra Maria |
| | Igreja matriz de Moure |
| PEDREIRA, RANDE E SERNANDE | Igreja matriz de Pedreira |
| | Igreja de Sernande |
| | Igreja paroquial de Rande |
| TORRADOS E SOUSA | Igreja matriz de Torrados |
| | Igreja de São Vicente de Sousa |
| UNHÃO E LORDELO | Igreja do Salvador de Unhão |
| | Igreja matriz de Lordelo |
| VILA COVA DA LIXA E BORBA DE GODIM | Igreja Velha de Vila Cova da Lixa |
| | Igreja matriz da Lixa |
| | Igreja de Borba de Godim |

| | | |
|----------------|--------------------------------------|---|
| | VILA FRIA E VIZELA (SÃO JORGE) | Igreja matriz de Vila Fria |
| | | Igreja matriz de Vizela (São Jorge) |
| | VILA VERDE E SANTÃO | Igreja de São Mamede de Vila Verde |
| | | Igreja românico de Santão |
| GONDOMAR | LOMBA | Igreja da Nossa Senhora do Rosário |
| | RIO TINTO | Igreja matriz de Rio Tinto |
| | BAGUIM DO MONTE (RIO TINTO) | Igreja de São Brás |
| | FÂNZERES E SÃO PEDRO DA COVA | Igreja matriz de Fânzeres |
| | | Igreja matriz de São Pedro da Cova |
| | FOZ DO SOUSA E COVELO | Igreja Nova de Jancido |
| | | Igreja paroquial da Foz de Sousa |
| | GONDOMAR (SÃO COSME), VALBOM E JOVIM | Igreja paroquial de Covelo |
| | | Igreja paroquial de São Cosme |
| | | Igreja Matriz de Gondomar |
| MELRES E MEDAS | Igreja paroquial de Valbom | |
| | Igreja matriz e paroquial de Jovim | |
| | Igreja matriz de Melres | |
| LOUSADA | AVELEDA | Igreja do Salvador de Aveleda |
| | CAIDE DE REI | Igreja matriz de Caide de Rei |
| | LODARES | Igreja paroquial Santa Maria de Lodares |
| | MACIEIRA | Igreja Velha de Macieira |
| | MEINEDO | Igreja de Santa Maria de Meinedo |
| | NEVOGILDE | Igreja matriz de Nevogilde |
| | SOUSELA | Igreja paroquial de Sousela |
| | TORNO | Igreja da Senhora da Aparecida |
| | VILAR DO TORNO E ALEN-TEM | Igreja matriz de Vilar do Torno e Alentem |

| | | |
|----------------------------|---|---------------------------------------|
| | CERNADELO E LOUSADA (SÃO MIGUEL E SANTA MARGARIDA) | Igreja matriz de Cernadelo |
| | | Igreja matriz de São Miguel |
| | | Igreja Matriz de Santa Margarida |
| | CRISTELOS, BOIM E ORDEM | Igreja matriz de Ordem |
| | | Igreja de Santa Eulália |
| | | Igreja paroquial de Cristelos |
| | FIGUEIRAS E COVAS | Igreja matriz de Covas |
| | | Igreja paroquial de Figueiras |
| | LUSTOSA E BARROSAS (SANTO ESTÊVÃO) | Igreja do Mosteiro de Santo Estevão |
| | | Mosteiro do Bom Jesus de Barrosas |
| | | Igreja paroquial de Lustosa |
| | NESPEREIRA E CASAIS | Igreja matriz de Casais |
| | | Igreja matriz de nespereira |
| | SILVARES, PIAS, NOGUEIRA E ALVARENGA | Igreja matriz de Pias |
| | | Igreja de Santo Cristóvão de Nogueira |
| Igreja matriz de Silvares | | |
| Igreja Matriz de Alvarenga | | |
| Igreja matriz de Nogueira | | |
| MAIA | AGUAS SANTAS | Igreja de Nossa Senhora do Ó |
| | FOLGOSA | Igreja de São Salvador |
| | MILHEIROS | Igreja de São Tiago |
| | MOREIRA | Igreja paroquial de moreira |
| | | Mosteiro do Divino Salvador |
| | S. PEDRO FINS | Igreja de São Miguel - o Anjo |
| | | Igreja de S. Pedro de Avioso |
| | Igreja paroquial de S. Pedro Fins | |
| VILA NOVA DA TELHA | Igreja de Santa Maria | |

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| | PEDROUÇOS | Igreja de Nossa Senhora da Natividade |
| | CASTÊLO DA MAIA | Igreja Santa Maria de Avioso |
| | CIDADE DA MAIA | Igreja Nossa Senhora da Maia |
| | | Igreja de Nossa Senhora do Rosário |
| | | Igreja de Nossa Senhora do Bom Despacho |
| | NOGUEIRA E SILVA ESCURA | Igreja matriz de Nogueira |
| | | igreja de Santa Maria (Matriz de Silva Escura) |
| MARCO DE CANAVESES | BANHO E CARVALHOSA | Igreja paroquial de Carvalhosa |
| | CONSTANCE | Igreja românica de Constance |
| | SOALHÃES | Igreja de São Martinho de Soalhães |
| | SOBRETAMEGA | Igreja de Santa Maria de Sobretâmega |
| | TABUADO | Igreja paroquial de Tabuado |
| | VILA BOA DO BISPO | Igreja de Santa Maria |
| | | Mosteiro de Vila Boa do Bispo |
| | ALPENDORADA, VÁRZEA E TORRÃO | Igreja do Mosteiro de Alpendorada |
| | | Igreja da Várzea |
| | | Igreja da Nossa Senhora da Assunção |
| | AVESSADAS E ROSÉM | Igreja matriz de Avesadas |
| | | Igreja matriz de Rosém |
| | BEM VIVER | Igreja paroquial de Bem viver |
| | MARCO | Igreja do Marco de Canaveses |
| | | Igreja de S. Nicolau de Canaveses |
| | PAREDES DE VIADORES E MANHUNCELOS | Igreja matriz de Paredes de Viadores |
| Igreja paroquial de Manhuncelos | | |
| PENHALONGA E PAÇOS DE GAIOLO | Igreja de Santa Maria Maior de Penhalonga | |
| | Igreja paroquial de Paços de Gaiolo | |
| SANDE E SÃO LOURENÇO | Igreja paroquial de Sande | |

| | | |
|---|---------------------------------------|---|
| | | Igreja paroquial de São Lourenço do Douro |
| | VÁRZEA, ALIVIADA E FOLHADA | Igreja paroquial de Várzea de Ovelha e Aviada |
| | | Igreja Matriz de Folhada |
| | VILA BOA DE QUIRES E MAURELES | Igreja de Santo André de Vila Boa de Quires |
| | | Igreja paroquial de Maureles |
| MATOSINHOS | | Igreja paroquial de Custóias |
| | CUSTÓIAS, LEÇA DO BALIO E GUIFÕES | Igreja do mosteiro de Leça do Balio |
| | | Igreja paroquial de Guifões |
| | | Igreja de Bom Jesus de Matosinhos |
| | MATOSINHOS E LEÇA DA PALMEIRA | Basílica Bom Jesus de Matosinhos |
| | | Igreja paroquial de Leça da Palmeira |
| | | Igreja paroquial de Perafita |
| | PERAFITA, LAVRA E SANTA CRUZ DO BISPO | Igreja paroquial da Vila de Lavra |
| | | Igreja paroquial de Santa Cruz do Bispo |
| | | Igreja de São Mamede Infesta |
| SÃO MAMEDE DE INFESTA E SENHORA DA HORA | Igreja da Senhora da Hora | |
| | | Igreja das 7 bicas |
| PAÇOS DE FERREIRA | CARVALHOSA | Igreja Senhora do Rosário |
| | EIRIZ | Igreja de São João Evangelista |
| | | Igreja de Paços de Ferreira |
| | FERREIRA | Igreja do Mosteiro de São Pedro de Ferreira |
| | FIGUEIRO | Igreja matriz de Figueiró |
| | FREAMUNDE | Igreja matriz de São Sebastião |
| | MEIXOMIL | Igreja matriz de Meixomil |
| | PENAMAIOR | Igreja matriz de Penamaior |
| | RAIMONDA | Igreja de São Pedro de Raimonda |
| SEROA | Igreja matriz de Seroa | |

| | |
|------------------------------|--|
| | Antiga igreja matriz de Seroa |
| | Igreja matriz de Fazão |
| FRAZÃO ARREIGADA | Igreja paroquial de Frazão |
| | Igreja matriz de Arreigada |
| PAÇOS DE FERREIRA | Igreja matriz de Paços de Ferreira |
| | Igreja de São João |
| SANFINS LAMOSO CODES- SOS | Igreja matriz de Sanfins de Ferreira |
| | Igreja de Santa Maria de Lamoso |
| | Igreja matriz de Codessos |
| AGUIAR DE SOUSA | Igreja paroquial de Sernande |
| ASTROMIL | Igreja de Santa Marinha de Astromil |
| BALTAR | Igreja de Baltar |
| BEIRE | Igreja paroquial de Beire |
| CETE | Igreja de S. Pedro de Cete |
| CRISTELO | Igreja de S. Miguel de Cristelo |
| DUAS IGREJAS | Igreja matriz de Duas Igrejas |
| GANDRA | Igreja matriz de Gandra |
| LORDELO | Igreja matriz de Lordelo |
| LOUREDO | Igreja de São Cristóvão, matriz de Louredo |
| PARADA DE TODEIA | Igreja matriz de Parada de Todeia |
| | Igreja matriz de Rebordosa |
| REBORDOSA | Igreja velha de Rebordosa |
| RECAREI | Igreja matriz de Recarei |
| SOBREIRA | Igreja matriz de Sobreira |
| SOBROSA | Igreja matriz de Sobrosa |
| VANDOMA | Igreja matriz da Vandoma |
| VILELA | Igreja e Mosteiro de S. Estêvão de Vilela |

PAREDES

| | | |
|--------------------------|---|---|
| | PAREDES | Igreja matriz de Paredes |
| | | Igreja matriz de Mouriz |
| PENAFIEL | ABRAGÃO | Igreja de São Pedro de Abragão |
| | BOELHE | Igreja românica de S. Gens de Boelhe |
| | | Igreja paroquial de S. Gens de Boelhe |
| | BUSTELO | Mosteiro de S. Miguel de Bustelo |
| | | Igreja de Milhundos |
| | CABEÇA SANTA | Igreja do Salvador de Cabeça Santa |
| | CANELAS | Igreja de São Mamede de Canelas |
| | | Igreja Matriz - Canelas |
| | CAPELA | Igreja paroquial de Capela |
| | CASTELÕES | Igreja de São Salvador de Castelões |
| | | Igreja Paroquial de Castelões de Cepêda (Paredes) |
| | CROCA | Igreja Matriz de Croca |
| | DUAS IGREJAS | Igreja Matriz de Duas Igrejas |
| | EJA | Igreja Românica de São Miguel de Eja |
| | FONTE ARCADA | Igreja de Fonte Arcada |
| | GALEGOS | Igreja Matriz de Galegos |
| | IRIVO | Igreja de Irivo |
| | OLDRÕES | Igreja de Oldrões |
| | | Igreja de Santo Estêvão de Oldrões |
| | PAÇO DE SOUSA | Mosteiro de Paço de Sousa |
| PEROZELO | Igreja Paroquial de Perozele | |
| RANS | Igreja de Rans | |
| RIO DE MOINHOS | Igreja Matriz de Rio de Moinhos | |
| RECEZINHOS (S. MAMEDE) | Igreja de São Mamede de Recezinhos | |
| RECEZINHOS (S. MARTINHO) | Igreja Paroquial de São Martinho Recezinhos | |

| | | |
|-------|----------------------------------|---|
| | SEBOLIDO | Igreja de Sebolido |
| | VALPEDRE | Igreja de Valpedre |
| | RIO MAU | Igreja Matriz de Rio Mau |
| | PENAFIEL | Igreja da Misericórdia de Penafiel |
| | | Igreja matriz de São Martinho de Penafiel |
| | | Igreja da Nossa Senhora da Ajuda |
| | | Santuário de Nossa Senhora da Piedade |
| | LUZIM E VILA COVA | Igreja Matriz de Luzim |
| | | Igreja de Vila Cova |
| | GUILHUF E URRÔ | Igreja matriz de Urrô |
| | | Igreja Matriz de Guilhufe |
| | LAGARES E FIGUEIRA | Igreja de S. Martinho de Lagares |
| | | Igreja paroquial de Figueira |
| | TERMAS DE SÃO VICENTE | Igreja São Vicente do Pinheiro |
| PORTO | BONFIM | Igreja Matriz do Bonfim |
| | CAMPANHÃ | Igreja paroquial de Campanhã |
| | PARANHOS | Igreja Matriz de Paranhos |
| | | Igreja da Nossa Senhora da Areosa |
| | | Igreja do Amial |
| | RAMALDE | Igreja Matriz de S. Salvador de Ramalde |
| | | Nova Igreja S. Salvador de Ramalde |
| | | Igreja de S. Paulo do Viso |
| | | Igreja da Paróquia da Nossa Senhora da Boavista |
| | ALDOAR, FOZ DO DOURO E NEVOGILDE | Igreja da Vilarinha |
| | | Igreja Matriz de Aldoar |
| | | Igreja de São Miguel de Nevogilde |
| | | Igreja de Cristo Rei - Aldoar |

| | |
|--|---|
| | Igreja de S. João Baptista da Foz do Douro |
| | Igreja de São Miguel de Nevogilde |
| | Igreja Matriz de Nevogilde |
| | Igreja de São Martinho de Cedofeita |
| | Igreja paroquial são martinho de Cedofeita |
| | Igreja do Coração Jesus do Carvalhido |
| | Igreja da Ordem Terceira de Nossa Senhora do Carmo |
| | Igreja de Santo Ildefonso |
| | Sé Catedral do Porto |
| | Igreja da Ordem do Terço |
| | Igreja de Nossa Senhora da Lapa |
| | Igreja de Santa Clara |
| | Igreja dos Carmelitas |
| | Igreja de São Francisco |
| | Igreja de S. Pedro de Miragaia |
| | Igreja de São Nicolau |
| | Igreja das Almas e de São José das Taipas |
| | Igreja de Nossa Senhora da Vitória |
| | Igreja da Torre dos Clérigos |
| | Igreja do Carmo |
| | Igreja e Colégio de São Lourenço |
| | Igreja do Mirante |
| | Igreja de Nossa Senhora da Esperança (Porto) |
| | Igreja de Nossa Senhora do Patrocínio |
| | Mosteiro de São Bento da Vitória |
| | Igreja da Trindade |
| | Igreja da Venerável Ordem Terceira de São Francisco |
| CEDOFEI- TA,ILDEFONSO,SÉ,MIRAGAI A,NICOLAU,VITÓRIA | |

| | | |
|--|-----------------------------------|---|
| | | Igreja do Seminário de Vilar |
| | | Igreja Matriz de Massarelos |
| | LORDELO DO OURO E MASSARELOS | Igreja do Santíssimo Sacramento |
| | | Igreja do Corpo Santo de Massarelos |
| | | Igreja de São Martinho de Lordelo do Ouro |
| | AGRELA | Igreja Paroquial de S. Pedro |
| | AGUA LONGA | Igreja Paroquial de Agua Longa |
| | AVES | Igreja Matriz de Vila das Aves |
| | MONTE CORDOVA | Mosteiro de Nossa Senhora da Assunção |
| | | Igreja Matriz de Monte Córdova |
| | REBORDÕES | Igreja Matriz de Rebordões |
| | REGUENGA | Igreja de Reguenga |
| | RORIZ | Igreja de São Pedro de Roriz |
| | | Mosteiro de Singeverga em Santo Tirso |
| | NEGRELOS (S. TOME) | Igreja de São Tomé de Negrelos |
| | VILARINHO | Igreja de São Miguel de Vilarinho |
| | | Mosteiro de São Miguel de Vilarinho |
| | | Igreja de Areias Santo Tirso |
| | | Igreja Matriz de Lama |
| | AREIAS, SEQUEIRÓ, LAMA E PALMEIRA | Igreja Matriz de Sequeirô |
| | | Igreja velha de Sequeirô |
| | | Igreja paroquial de Lama |
| | | Igreja Matriz de Palmeira |
| | | Igreja Matriz de São Martinho do Campo |
| | CAMPO, S.SALVADOR CAMPO, NEGRELOS | Igreja de São Tomé de Negrelos |
| | | Igreja de São Salvador |
| | CARREIRA E REFOJOS DE | Igreja Matriz de Santiago da Carreira |

| | | |
|------------------------------------|---|--|
| VILA DO CONDE | RIBA DE AVE | Igreja Matriz de Refojos |
| | LAMELAS E GUIMAREI | Igreja Matriz de Guimarei |
| | | Igreja Matriz de Lamelas |
| | ST.TIRSO, COUTO (S.CRISTINA E S.MIGUEL) E BURGÃES | Igreja Matriz de Santo Tirso |
| | | Igreja Matriz de Burgães |
| | | Igreja Nova de São Bartolomeu de Fontiscos |
| | | Igreja Matriz de Prazins Santo Tirso |
| | | Convento da Bela - S. Cristina do Couto |
| | | Igreja de Santa Cruz |
| | | Igreja paroquial de S. Miguel do Couto |
| | | Igreja paroquial de S. Cristina de Couto |
| | VALONGO | Igreja e capela da Senhora do Amparo |
| | | ALFENA |
| Igreja matriz de S. Vicente | | |
| Igreja do Sagrado Coração de Jesus | | |
| ERMESINDE | | Igreja de Santa Rita da Mão Poderosa |
| | | Igreja matriz de Ermesinde |
| | | Igreja de São Lourenço de Ermesinde |
| VALONGO | | Igreja matriz de Valongo |
| | | Igreja de Santa Justa |
| | | Santuário de Santo António de Valongo |
| CAMPO E SOBRADO | | Igreja matriz de São Martinho de Campo |
| | | Igreja matriz de Sobrado |
| VILA DO CONDE | ARVORE | Igreja paroquial de Árvore |
| | AVELEDA | Igreja paroquial de Aveleda |
| | AZURARA | Igreja matriz de Azurara |
| Igreja de São Francisco de Azurara | | |

| | |
|---|--|
| FAJOZES | Igreja de São Pedro de Fajozes |
| GIÃO | Igreja paroquial de Gião |
| GUILHABREU | Igreja Paroquial de Guilhabreu |
| JUNQUEIRA | Igreja paroquial da Junqueira |
| LABRUGE | Igreja de S. Tiago de Labruge |
| MACIEIRA DA MAIA | Igreja paroquial da Macieira da Maia |
| MINDELO | Igreja Paroquial de S. Pedro |
| MODIVAS | Igreja Paroquial de Modivas |
| VILA CHÃ | Igreja Paroquial de S. Mamede |
| VILA DO CONDE | Igreja Matriz de S. João |
| | Igreja da Misericórdia de Vila do Conde |
| | Mosteiro de Santa Clara |
| | Igreja da Nossa Senhora dos Navegantes |
| | Igreja paroquial de Vila do Conde |
| VILAR DE PINHEIRO | Igreja Paroquial de Vilar do Pinheiro |
| BAGUNTE, FERREIRÓ, OUTEIRO MAIOR E PARADA | Igreja paroquial de Bagunte |
| | Igreja paroquial de Ferreiró |
| | Igreja paroquial de Outeiro Maior |
| | Igreja paroquial de Parada |
| FORNELO E VAIRÃO | Igreja Paroquial de Fornelo |
| | Igreja paroquial de Vairão |
| MALTA E CANIDELO | Igreja Paroquial de Santa Cristina (Malta) |
| | Igreja paroquial de Canidelo |
| RETORTA E TOUGUES | Igreja paroquial de Retorta |
| | Igreja paroquial de Tougues |
| RIO MAU E ARCOS | Igreja paroquial de Rio Mau |
| | Igreja paroquial de Arcos |

| | | |
|----------------------------------|-----------------------------|---|
| | TOUGUINHA E TOUGUINHÓ | Igreja paroquial de Touguinha |
| | | Igreja paroquial de Touguinhó |
| | VILAR E MOSTEIRÓ | Igreja Paroquial de Vilar |
| | | Igreja paroquial de Mosteiró |
| VILA NOVA DE GAIA | ARCOZELO | Igreja nova de Arcozele |
| | | Igreja velha de Arcozele |
| | AVINTES | Igreja matriz de S. Pedro de Avintes |
| | CANELAS | Igreja matriz de canelas |
| | CANIDELO | Igreja de Santo André de Canidelo |
| | MADALENA | Igreja matriz de Madalena |
| | OLIVEIRA DO DOURO | Igreja paroquial de Oliveira do Douro |
| | | Santuário do Monte da Virgem |
| | S. FELIX DA MARINHA | Igreja matriz de São Félix da Marinha |
| | VILAR DE ANDORINHO | Igreja paroquial de Vilar de Andorinho |
| | GRIJÓ E SERMONDE | Mosteiro de Grijó |
| | | Igreja matriz de Sermonde |
| | GULPILHARES E VALADARES | Igreja de Nossa Senhora de Gulpilhares (Matriz) |
| | | Igreja paroquial de S. João de Valadares |
| | MAFAMUDE E VILAR DO PARAÍSO | Igreja de S. Cristóvão de Mafamude |
| | | Igreja matriz de Vilar do Paraíso |
| | PEDROSO E SEIXEZELO | Mosteiro de Pedroso |
| Igreja de São Brás | | |
| Igreja matriz de Seixezelo | | |
| SANDIM, OLIVAL, LEVER E CRESTUMA | Igreja paroquial de Sandim | |
| | Igreja matriz de Olival | |
| | Igreja paroquial de Lever | |
| | Igreja matriz de Crestuma | |

| | | |
|-------|--------------------------------------|---|
| | | Igreja matriz de santa marinha |
| | SANTA MARINHA E SÃO PEDRO DA AFURADA | Igreja da Serra do Pilar |
| | | Igreja paroquial de S. Pedro da Afurada |
| | SERZEDO E PEROSINHO | Igreja paroquial de São Mamede de Serzedo |
| | | Igreja matriz de Perosinho |
| TROFA | COVELAS | Igreja de Covelas da Trofa |
| | MURO | Igreja paroquial do Muro |
| | ALVARELHOS E GUIDÕES | Igreja de Santa Maria de Alvarelhos |
| | | Igreja paroquial de Guidões |
| | BOUGADO (SÃO MARTINHO E SANTIAGO) | Igreja matriz de Santiago do Bougado |
| | | Igreja matriz de São Martinho de Bougado |
| | | Igreja Nova da Trofa |
| | CORONADO (SÃO ROMÃO E SÃO MAMEDE) | Igreja paroquial de São Romão do Coronado |
| | | Igreja matriz de São Romão do Coronado |
| | | Igreja de São Mamede de Coronado |
| | | |
| | Total de igrejas | 445 |

ANEXO II – INQUÉRITO REALIZADO AOS PADRES DA VIGARARIA TROFA/ VILA DO CONDE

Inquérito para a dissertação: **Aquecimento de igrejas**

Paróquia: _____

Tipo de igreja: paroquial/ matriz/ _____ Ano da construção (ou década): _____

Pároco: _____

Últimas obras e respetivo ano:

1) Como classifica a sensação de conforto térmico no interior da igreja durante o

Inverno?

- Quente
- Ligeiramente quente
- Neutro/ confortável
- Ligeiramente frio
- Frio
- Muito frio

2) Como gostaria de ter a temperatura no interior da igreja?

Superior Sem alteração Inferior

3) Sente os pés frios na igreja?

Sim

Não

4) Qual o tipo de pavimento da igreja?

Soalho/ Tijoleira/ _____

5) Como classifica a temperatura do pavimento da igreja no inverno?

Ligeiramente frio

Neutro/ Confortável

Frio

Muito frio

6) A igreja tem aquecimento?

Sim

Não

a. Se respondeu sim à pergunta anterior, qual o tipo de aquecimento?

b. Se respondeu sim à pergunta anterior, indique o grau de satisfação com o aquecimento da igreja.

Muito satisfeito

Satisfeito

Insatisfeito

Muito insatisfeito

7) Se não tem aquecimento considera que deveria ser colocado?

Sim

Não

8) A igreja possui recursos para instalar um sistema de aquecimento?

Sim

Não

9) E depois de instalado há recurso para manter o sistema de aquecimento?

Sim

Não

10) Este tema já foi abordado numa reunião diocesana?

Sim

Não

Observações:
