



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Caracterização do estado de conservação do centro histórico de Viseu: inspeção visual e utilização de técnicas não destrutivas

Mariana Alves Oliveira

Dissertação

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida
Professora Doutora Eva Sofia Botelho Machado Barreira

Fevereiro de 2025



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Caracterização do estado de conservação do centro histórico de Viseu: inspeção visual e utilização de técnicas não destrutivas

Mariana Alves Oliveira

Dissertação

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida
Professora Doutora Eva Sofia Botelho Machado Barreira

Fevereiro de 2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Ao meu orientador, professor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida, do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (ESTGV), do Instituto Politécnico de Viseu por todo apoio, incentivo, pelos conhecimentos partilhados e pela paciência. A minha coorientadora professora Eva Sofia Botelho Machado Barreira do Departamento de Engenharia Civil e Georrecursos da Universidade do Porto pela disponibilidade e pelo apoio.

Aos meus pais Marivaldo e Kátia que me apoiam e me incentivam a realizar meus sonhos e por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida, mesmo que fisicamente distantes. Ao meu irmão Onivaldo por ser o meu maior incentivador e meu melhor amigo que me encorajou nos momentos complicados durante esta trajetória. A minha cunhada Daniela por toda atenção e conselhos. Vocês foram indispensáveis para que eu chegasse até aqui.

À toda a minha família que acompanhou meu percurso e que sempre torceram por mim. Vocês são a minha base. Aos professores do mestrado pela troca de conhecimento tão rica. Foi uma honra dividir convosco momentos tão enriquecedores. Fazer o mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação de Edifícios é um objetivo traçado no ano de 2018 e sinto-me realizada e muito feliz pelo trajeto percorrido até aqui.

Aos meus amigos e colegas brasileiros e portugueses pelo acolhimento, pelos sorrisos em todos os momentos, pelo encorajamento durante esses anos, em especial ao Sérgio, Rute, Mônica, Larissa, Carol, Jaqueline por torcerem por mim e por me encorajarem. Aos queridos do grupo Coração Jovem por partilharem comigo momentos únicos e por me trazerem leveza e conforto.

RESUMO

Este trabalho aborda a conservação de edifícios históricos que mostram o património cultural, social e arquitetónico de uma sociedade. A recuperação de construções antigas é essencial para o crescimento urbano sustentável, pois valoriza a identidade local, cria empregos e rendimentos por meio do turismo, além de diminuir o impacto ambiental em relação à construção de novas edificações.

A reabilitação abrange diversos campos da engenharia e arquitetura, sendo fundamental entender ao pormenor a estrutura e os materiais dos edifícios, principalmente dos mais antigos. Métodos como a inspeção visual, a termografia de infravermelhos e a avaliação do teor de humidade são fundamentais para detetar anomalias, sejam elas visíveis ou não, e sustentar intervenções eficazes. A utilização dos métodos não destrutivos permite identificar e diagnosticar várias anomalias e eventual degradação dos materiais sem comprometer seu uso.

Neste trabalho realizou-se a caracterização do estado de conservação de alguns edifícios do centro histórico de Viseu que inclui duas etapas: i) utilização de técnicas não destrutivas (termografia de infravermelhos e detetor de humidade) para avaliar o estado de conservação das fachadas dos edifícios; e ii) inspeção visual com recurso a uma ficha de inspeção.

Os resultados mostraram que a maioria das fachadas estão em bom estado de conservação. As imagens termográficas evidenciaram e confirmaram patologias que estavam visíveis a olho nu como a colonização biológica e fissuras. Não obstante, revelou ainda algumas anomalias ocultas como a existência de infiltrações.

PALAVRAS-CHAVE: Edifícios históricos; Inspeção visual; Termografia; Patologia.

ABSTRACT

This work deals with the conservation of historic buildings that showcase a society's cultural, social and architectural heritage. The restoration of old buildings is essential for sustainable urban growth, as it enhances local identity, creates jobs and income through tourism, as well as reducing the environmental impact of constructing new buildings.

Rehabilitation encompasses various fields of engineering and architecture, and it is essential to understand the structure and materials of buildings in detail, especially older ones. Methods such as visual inspection, infrared thermography and moisture content assessment are essential for detecting anomalies, whether they are visible or not, and supporting effective interventions. The use of non-destructive methods makes it possible to identify and diagnose various anomalies and possible degradation of materials without compromising their use.

This study characterizes the state of conservation of some buildings in the historic center of Viseu in two stages: i) the use of non-destructive techniques (infrared thermography and moisture detector) to assess the state of conservation of the building façades; and ii) visual inspection using an inspection form.

The results showed that most of the façades are in a good state of repair. The thermographic images revealed and confirmed pathologies that were visible to the naked eye, such as biological colonization and cracks. However, it also revealed some hidden anomalies such as the existence of infiltrations.

KEYWORDS: Historic buildings; Visual inspection; Thermography; Pathology.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE QUADROS	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento Geral	1
1.2 Objetivos da Investigação.....	2
1.3 Estrutura do Trabalho	2
2 ESTADO DA ARTE	3
2.1 Caracterização do Centro Histórico de Viseu	3
2.2 Paredes de Edifícios Antigos.....	4
2.3 Inspeção e Diagnóstico.....	6
2.4 Principais Patologias Encontradas em Edifícios Antigos.....	8
2.5 Ensaio não-destrutivo de caracterização do estado de conservação dos edifícios	13
2.5.1 Termografia de infravermelhos	13
2.5.2 Teor de humidade das paredes	15
2.6 Aplicação da Termografia para o Diagnóstico de Patologia	16
2.6.1 Trabalho 1: “Influência do Tipo de Revestimento na Avaliação de Umidade Ascensional com Termografia de Infravermelho” (OLIVEIRA, et al. 2022).....	16
2.6.2 Trabalho 2: “Termografia Infravermelha na detecção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado” (MARESCO, et al, 2015).....	19
2.6.3 Trabalho 3: “Termografia como instrumento de identificação de manifestações patológicas em igrejas históricas” (ROCHA, et, al. 2019)	20

3	METODOLOGIA.....	25
3.1	Ensaaios não destrutivos	25
3.2	Inspeção Visual de um Quarteirão no Centro Histórico de Viseu.....	32
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
4.1	Termografia de Infravermelho e Teor de Humidade nas Paredes Exteriores	33
4.2	Inspeção Visual	45
4.2.1	Análise do ponto PT1	46
4.2.2	Análise do ponto PT2	47
4.2.3	Análise do ponto PT3	48
4.2.4	Análise do ponto PT4	49
5	CONCLUSÕES.....	51
5.1	Desenvolvimentos Futuros	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Paredes de Taipa em Portugal (PINHO, 2008)	5
Figura 2: Alvenaria de padra seca ou mal agregada (APPLETON, 2003)	5
Figura 3: Fachada com amplas anomalias na Rua do Comércio do Porto (MOREIRA, 2016) ...	12
Figura 4: Exemplos de danos existentes na cobertura (MENDONÇA, 2023)	12
Figura 5: Câmara Térmica BOSH Gtc 400C	13
Figura 6: Técnica de termografia ativa (CORTIZO, 2007)	14
Figura 7: Técnica de termografia passiva (CORTIZO, 2007)	14
Figura 8: Modelos de Humidímetros.....	15
Figura 9: Protótipos: a) protótipo com uma face argamassada (P01-A); b) protótipo com tinta PVA branca (P02-PVA); c) protótipo com uma face revestida com placa cerâmica tipo grés (P03-G); d) protótipo com uma face revestida com placa cerâmica tipo porcelanato (P04-P) (OLIVEIRA, et al. 2022)	17
Figura 10: Comportamento da variação da temperatura nos revestimentos argamassados (P01-A), pintura (P02-PA), e porcelanato (P04-P) submetidos à incidência de radiação solar. (OLIVEIRA, et al. 2022)	17
Figura 11: Comportamento da variação da temperatura nos revestimentos argamassados (P01-A), pintura (P02-PA), grés (P03-G) e porcelanato (P04-P) submetidos à incidência de radiação sem incidência de radiação solar. (OLIVEIRA, et al. 2022).....	18
Figura 12: Manifestações patológicas estudadas (MARESCO, et al, 2015)	19
Figura 13: Localização das Igrejas em estudo, ano 2019 (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2019: adaptado) (ROCHA, et, al. 2019)	21
Figura 14: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora da Conceição de Raposos; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019).....	21
Figura 15: a) Imagem da parede da Capela de Nossa Senhora do Ó; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019)	22
Figura 16: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora de Piedade do Paraopeba; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019).....	22
Figura 17: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora da Conceição; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019).....	23
Figura 18: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora do Pilar; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019)	23
Figura 19: Localização dos pontos de estudo (GOOGLE EARTH, 2023).....	25
Figura 20: a) Localização PT1: Rua Trás do Colégio (Sé) (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P1 vista de frente	26

Figura 21: a) Localização PT2: Rua Trás do Colégio, Museu Grão Vasco (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P2 vista de frente.....	26
Figura 22: a) Localização PT3: edifício na Praça D. Duarte P3 (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P3 vista de frente.....	27
Figura 23: a) Localização PT4.1 e PT4.2: rua do Chão do Mte (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P4.1 vista de frente; c) Fotografia da parede P4.2	27
Figura 24: a) Localização PT5: Capela Nossa Senhora dos Remédios (GOOGLE EARTH 2023); b) Fotografia da parede P5 vista de frente	28
Figura 25: Câmara Termográfica.....	28
Figura 26: Humidímetro	30
Figura 27: Localização do quarteirão onde foi realizado a inspeção visual das fachadas (Google Earth, 2023).....	32
Figura 28: Capela de Nossa Senhora dos Remédios a) Imagem termográfica na parede P3; b) Leitura com o humidímetro na parede P2.....	33
Figura 29: a) Região da parede P1 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro incluindo a altura de pontos para as medições da humidade; b) Distância entre a câmara e a parede analisada.....	34
Figura 30: a) Termogramas da parede P1; b) Dados coletados com o humidímetro do ponto 1.	Erro! Marcador não definido.
Figura 31: a) Região da parede P2 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.....	37
Figura 32: a) Termogramas da parede P2; b) Mapa de cores com os dados medidos com o humidímetro no ponto 2.....	Erro! Marcador não definido.
Figura 33: a) Região da parede P3 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.....	39
Figura 34: Termogramas na parede P3.....	40
Figura 35: a) Região da parede P4.1 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.....	41
Figura 36: a) Termogramas da parede P4.1; b) Mapa de cores com os dados medidos com o humidímetro no ponto 4.1.....	Erro! Marcador não definido.
Figura 37: a) Região da parede P5 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.....	43
Figura 38: Termogramas na parede P5; b) Mapa de cores com os dados medidos com o humidímetro no ponto 5.....	44
Figura 39: Recipiente de água benzida localizado dentro da Capela Nossa Senhora dos Remédios	45
Figura 40: Localização das patologias encontradas em grau mais severo de deterioração (GOOGLE EARTH, 2023).....	46

Figura 41: Fachada do edifício PT1 com indicação das anomalias	47
Figura 42: Fachada do edifício PT2 com indicação das anomalias	48
Figura 43: Fachada do edifício PT3 com indicação das anomalias	48
Figura 44: Fachada do edifício PT4 com indicação das anomalias	49
Figura 45 AN B: a) Fachada 1; b) Fachada 2	79
Figura 46 AN B: Fachada 3	79
Figura 47AN B: a) Fachada 4; b) Fachada 5	80
Figura 48 AN B: Fachada 6	81
Figura 49 AN B: Fachada 7	81
Figura 50AN B: Fachada 8	82
Figura 51AN B: Fachada 9	82
Figura 52AN B: a) Fachada 9; b) Fachadas 10.....	83
Figura 53AN B: Fachada 11	83
Figura 54AN B: a) Fachada 12; b) Fachadas 13.....	84
Figura 55AN B: a) Fachada 14; b) Fachada 15	84
Figura 56AN B: Fachada 16	85
Figura 57AN B: a) Fachada 17	85
Figura 58AN B: a) Fachada 18; b) Fachada 19	86

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Fatores que influenciam a classificação das paredes dos edifícios antigos (PINHO, 2008)	4
Quadro 2: Designação das paredes dos edifícios antigos, de acordo com a natureza, dimensão, grau de aparelho e material ligante dos elementos constituintes (LEITÃO, 1896)	6
Quadro 3: Síntese das anomalias mais frequentes em edifícios antigos (Cóias, 2006)	9
Quadro 4: Anomalias correntes do exterior dos edifícios e respectivas causas (Cóias, 2006).....	10
Quadro 5: Características principais da Câmara Termográfica Fluke TiS60+ [6]	29
Quadro 6: Especificações do equipamento Protimeter MMS [4]	31
Quadro 7: Distribuição dos ensaios	34

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento Geral

Os monumentos e edifícios históricos existem em todo o mundo e revelam tradições das gerações passadas, a história cultural, patrimonial e social, além de mostrar a história da construção e o uso dos materiais ao longo dos anos. Preservar monumentos como igrejas, conventos, edifícios comerciais e habitacionais, permite conhecer a história do local.

A reabilitação é um dos assuntos que está em discussão no setor de construção na atualidade e tornou-se uma prática indispensável para o desenvolvimento urbano sustentável nas cidades. Edifícios antigos fazem parte da identidade de uma cidade, além de atrair turistas gerando receita e empregos. A sua preservação contribui para o desenvolvimento económico além de ser uma prática mais sustentável do que novas construções. Assim, existirá menos demolições, portanto, menos emissões de dióxido de carbono e menos resíduo. O reaproveitamento dos materiais já existentes é preservado ao máximo.

A reabilitação é uma área que envolve complexidade e interação de muitas áreas dentro da engenharia e arquitetura. É necessário ter em consideração o máximo de informação sobre o tipo de construção, seu comportamento estrutural, a heterogeneidade e as propriedades dos materiais tradicionais utilizados, além da relevância do ambiente em que a edificação está inserida. Os princípios fundamentais da reabilitação de edifícios são: princípio da proteção e valorização do existente, princípio da sustentabilidade do ambiente e princípio da melhoria proporcional progressiva.

Conhecer o edificado em seus detalhes, através de estudos que envolvam a inspeção, o diagnóstico e a realização de ensaios experimentais *in situ* e em laboratório sobre os materiais ou elementos construtivos é de grande relevância. A maioria das manifestações patológicas em fachadas são apenas visivelmente identificadas quando o problema atinge o exterior, outras patologias que são detetadas visualmente. A termografia de infravermelhos e a análise da humidade através de um detetor de humidade superficial são ferramentas fundamentais para evidenciar as anomalias aparentes e as ocultas nas fachadas dos edifícios.

O uso de testes não destrutivos surge como opção barata, rápida, confiável, precisa e sustentável para a obtenção de informações sobre a integridade estrutural sem causar danos aos

edifícios sob análise para a sua preservação e manutenção preventiva. A termografia de infravermelhos e a análise da humidade através de um detetor de humidade superficial são ferramentas não destrutivas fundamentais para evidenciar as anomalias aparentes e as ocultas dos edifícios. Ademais, a adoção de testes não destrutivos na avaliação de patologias em edificações é uma abordagem que pode gerar economia de milhões de euros ao governo, empresas e proprietários de edificações ao evitar reparos emergenciais caros, ao aumentar a vida útil de estruturas, ao diminuir uso de técnicas invasivas ou demolições, garantido segurança dos ocupantes e conformidade com normas técnicas e regulamentações.

Ao final do trabalho estão os anexos que podem ser consultados que inclui registos fotográficos, mapas de cores 2D, imagens termográficas e relatórios climáticos.

1.2 Objetivos da Investigação

O objetivo principal deste trabalho é contribuir para a caracterização construtiva dos edifícios do centro histórico de Viseu. Para esse efeito, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma campanha de inspeção visual das fachadas de um quarteirão do centro histórico;
- Avaliar anomalias resultantes do efeito da humidade e da temperatura nas paredes externas utilizando a termografia de infravermelhos e outras técnicas não destrutivas;
- Avaliar o estado de conservação das fachadas de um quarteirão do centro histórico.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em 5 capítulos distintos. Sendo eles os seguintes:

- Capítulo 1 introduz o tema, resume os objetivos e define a estrutura do trabalho;
- Capítulo 2 descreve e resume a informação existente na literatura sobre os edifícios antigos, ensaios não destrutivos, inspeção e diagnóstico;
- Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada nos ensaios não destrutivos;
- Capítulo 4 apresenta a análise dos resultados;
- Capítulo 5 resume as principais conclusões do trabalho.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Caracterização do Centro Histórico de Viseu

Portugal possui uma grande quantidade de edifícios que retratam as diferentes épocas históricas, associadas a distintos estilos arquitetônicos, cujo valor patrimonial deve ser preservado. De um modo geral, as grandes cidades são caracterizadas pela degradação e pela falta de ações de manutenção que garantem a conservação do edificado. Assim, operações de restauro e reabilitação são essenciais para a preservação deste património histórico e cultural.

A falta de manutenção da edificação provoca uma degradação profunda dos materiais e elementos construtivos constituintes dos edifícios, o que pode comprometer a integridade e segurança e, como consequência, provocar um aumento dos custos associados às intervenções de reabilitação futuras para que as condições de habitabilidade sejam mantidas.

O presente estudo foi realizado na cidade de Viseu localizada na região centro norte de Portugal Continental. A localização da cidade, o cruzamento de vias importantes e principalmente a sua topografia, foram determinantes para a evolução da cidade. O planalto situado no ponto mais alto da cidade, onde se encontra a Igreja da Sé, foi o centro de desenvolvimento da cidade de Viseu [CUNHA, 2016].

O centro histórico de Viseu, apresenta um património edificado bastante variado, desde edifícios de grande porte como a Sé, o Museu Nacional Grão Vasco e a igreja da Misericórdia, até edifícios destinados à habitação. A maior parte dos edifícios que constituem o edificado do centro histórico são destinados à habitação nos pisos superiores e comércio ou serviços no rés-do-chão.

Atualmente, o centro histórico continua a ter uma forte atividade comercial. Os edifícios destacam-se pela falta de manutenção, apesar da dinâmica de reabilitação crescente que se tem observado nos últimos anos. O número de edifícios em ruínas ou desabitado é ainda muito elevado, este facto que se deve, muitas vezes, aos baixos recursos financeiros dos proprietários para realizar as intervenções necessárias para tornar o edificado adequado para o uso.

As dificuldades encontradas em Portugal relativamente à reabilitação de edifícios antigos não são diferentes das existentes em outros países, destacando-se a falta de recursos humanos qualificados. A reabilitação urbana deve ser encarada como uma estratégia nacional, promovendo

a sustentabilidade ambiental e a regeneração dos centros históricos, muitas vezes abandonados, mas com potencial turístico e habitacional.

Existem em Portugal várias entidades e comissões que trabalham para a conservação do património e cultura. Um bom exemplo é o caso do ICOMOS (Conselho Internacional dos Monumentos e Sítios), uma organização não-governamental mundial associada à UNESCO, que promove a aplicação da teoria, metodologia e técnicas científicas para a conservação do património arquitetónico e arqueológico. O trabalho desenvolvido é baseado nos princípios da Carta Internacional para a Conservação e Restauro de Monumentos e Sítios, que se baseou nos princípios básicos referidos na Carta de Atenas (1931) e Carta de Veneza (1964).

2.2 Paredes de Edifícios Antigos

Definem-se como paredes de edifícios antigos elementos construtivos de alvenaria ou cantaria, cujo comprimento e a altura excedem em muito a espessura. Estes elementos podem ser interiores ou exteriores, ou seja, podem pertencer à fachada principal, posterior, laterais ou divisórias (LEITÃO, 1896), (SEGURADO, 1908).

As paredes exteriores que desempenham funções resistentes são tradicionalmente designadas por parede mestra, habitualmente com maior espessura. Estes elementos garantem a estabilidade do edifício quando sujeito à ação das forças verticais e horizontais. As paredes resistentes interiores são designadas por frontais e as não resistentes são designadas por paredes divisórias (PINHO, 2008).

As paredes dos edifícios antigos podem ser classificadas em três grupos de acordo com as descrições indicadas no Quadro 1.

Quadro 1: Fatores que influenciam a classificação das paredes dos edifícios antigos (PINHO, 2008)

Grupo	Designação
I	Natureza, dimensão, e grau de aparelho dos elementos de enchimento (pedras, tijolos) e material ligante
II	Tipo de materiais utilizados como elementos de enchimento
III	Possibilidade ou não de desempenho de funções estruturais
	Fim a que se destinam

Em Portugal, as primeiras casas terão surgido há cerca de 2500 anos construídas em taipa, e, na maioria dos casos, em apenas um piso. A taipa é um sistema de construção milenar utilizada como solução construtiva de edificações rurais até meados do século XX. O material taipa é uma mistura de argila com terra franca e, como alternativa, pode também conter cal (PINHO, 2008). A Figura 1 mostra 2 exemplos de edificações em Portugal que foram feitas com paredes de taipa.



a) Caso em Sines;



b) Caso em Ermidas do Sado

Figura 1: Paredes de Taipa em Portugal (PINHO, 2008)

Nas construções históricas, a alvenaria de pedra está associada à construção de edifícios de habitação tradicionais, nomeadamente nos centros históricos das zonas urbanas, podendo também encontrar-se nas zonas rurais. Em Portugal, a maior parte dos edifícios concebidos até meados do século XX eram construídos com paredes de alvenaria de pedra de dimensões médias dada a relativa abundância deste material (PINHO, 2008). A Figura 2 mostra uma parede de alvenaria constituída de pedra seca ou mal agregada.



Figura 2: Alvenaria de pedra seca ou mal agregada (APPLETON, 2003)

A utilização do tijolo na construção surge como uma evolução do processo construtivo em taipa resultante do desenvolvimento de fornos capazes de promover a cozedura da matéria prima, ou seja, um material cerâmico resultante de uma pasta formada por argila, areia e água. Os tijolos maciços ou furados eram inicialmente assentados com uma argamassa que deveria ter uma consistência para preencher os espaços entre os tijolos (PINHO, 2008).

No Quadro 2, apresenta-se a designação dada às paredes de edifícios antigos em função da natureza e características dos materiais utilizados.

Quadro 2: Designação das paredes dos edifícios antigos, de acordo com a natureza, dimensão, grau de aparelho e material ligante dos elementos constituintes (LEITÃO, 1896)

Natureza e características dos materiais utilizados	Designação
Parede construídas com terra	Parede de taipa
	Parede de adobe
Paredes construídas com tijolo	Alvenaria de tijolo
Pedras toscas, de forma e dimensões irregulares entre si, sem qualquer tipo de argamassa ordinária	Alvenaria de pedra irregular ou alvenaria ordinária (corrente)
Parede assentes por justaposição apenas travadas entre si, sem qualquer tipo de argamassa	Alvenaria em pedra seca
	Empedrados
Pedras irregulares aparelhadas numa das faces assente com argamassa ordinária	Alvenaria de pedra aparelhada
Pedras ligadas com argamassa hidráulica	Alvenaria hidráulica
Pedras ligadas com argamassa refratária	Alvenaria refratária
Alvenaria e cantaria; alvenaria e tijolo; alvenaria com armação de madeira, entre outros	Paredes mistas
Pedras de cantaria com s faces devidamente aparelhadas, assentes em argamassa, ou apenas sobrepostas e justapostas	Paredes de cantaria
Paredes construídas com betão	Paredes de betão

2.3 Inspeção e Diagnóstico

Entende-se que a reabilitação de edifícios são as ações de intervenção necessárias para assegurar as condições de segurança, funcionalidade e conforto, respeitando a sua arquitetura, tipologia e sistema construtivo. A intervenção em edifícios antigos deve decorrer após a realização de um conjunto de ações que justifiquem a necessidade e a dimensão dessa intervenção (estudo e diagnóstico), concretizada no projeto de reabilitação (FREITAS, 2012).

Segundo Freitas (2012), quando se avalia a necessidade de intervir num edifício antigo, levanta-se a questão de intervir para repor as condições iniciais ou intervir para melhorar as condições de funcionamento, adequando-o às exigências de conforto e qualidade mais atuais. Neste sentido, o estudo de diagnóstico deve conter informações completas para que se possa ter um bom conhecimento para posteriormente preparar e aplicar um plano de ação.

Para um trabalho de inspeção e diagnóstico bem estruturado é necessário fazer uma pesquisa histórica para identificar a funcionalidade para a qual a edificação foi feita (ano de construção, histórico de intervenções, materiais utilizados na sua construção), analisar os projetos e desenhos, caso existam, fazer um levantamento fotográfico do edifício, fazer visitas ao interior e exterior do edifício para efetuar o levantamento do seu grau de degradação com o auxílio de registos fotográficos, avaliar se é necessário monitorizar o edifício para verificar o seu desempenho atual e definir ensaios ou medidas, para caracterizar os elementos construtivos do edifício, que podem ser feitos *in situ* ou em laboratório.

As ações de inspeção e diagnóstico assumem um papel fundamental em qualquer projeto de reabilitação. Só uma boa identificação das características da estrutura existente e do seu estado de conservação permitem a realização, à posteriori, de um projeto devidamente sustentado e adaptado às condições do edifício, dirigido para a solução dos reais problemas da estrutura, otimizando soluções e o custo final das intervenções (CÓIAS, 2006).

A avaliação deverá contemplar as seguintes ações (CÓIAS, 2006):

- Identificação e caracterização dos sistemas construtivos e estruturais, incluindo a caracterização dos elementos de alvenaria de pedra e de madeira;
- Inspeção visual dos elementos estruturais de alvenaria de pedra (paredes), com abertura de janelas de sondagem para identificação da textura e tipo de aparelho dos alçados (geometria e qualidade das pedras e da argamassa das juntas) e dos elementos estruturais de madeira (pavimentos, escadas, paredes e cobertura);
- Ensaios *in situ* que se considerem relevantes para a caracterização do estado dos elementos estruturais de alvenaria de pedra e de madeira;
- Registo de danos estruturais e diagnóstico do estado de conservação dos elementos estruturais, incluindo a descrição das causas que poderão estar na sua origem;

- Avaliação da segurança estrutural dos pavimentos, escadas, cobertura e paredes, tendo em conta, a futura utilização dos edifícios;

- Entrega do Relatório de Inspeção e Diagnóstico, com o parecer do Técnico responsável, devidamente acompanhado de documentação fotográfica, bem como, de todos os registos efetuados, nomeadamente, dos resultados dos ensaios efetuados.

Quando se abordam as patologias em edifícios antigos, pretende-se determinar os defeitos existentes tanto de origem estrutural quanto não estrutural. A identificação da patologia é um dos aspetos mais importantes das inspeções para que um diagnóstico seja elaborado de forma mais legítima. Assim, através da sua identificação nos diferentes locais, é mais simples avaliar as principais causas e, então, determinar quais são as melhores soluções para tratar a anomalia (MENDONÇA, 2023).

A capacidade de observação visual é fundamental, mas deve utilizar-se os cinco sentidos e ainda, técnicas e instrumentos que deverão ser escolhidos de acordo com o elemento em análise.

As inspeções podem ser classificadas como destrutivas ou não destrutivas. As técnicas destrutivas, que representam alterações permanentes de qualquer tipo, fazem com que a amostra fique inutilizada após a realização do ensaio, ou seja, é uma técnica em que ocorre a destruição da amostra. As técnicas não destrutivas são aquelas que não envolvem quaisquer danos no elemento que se inspeciona. Existe ainda a possibilidade de técnicas não inteiramente destrutivas, isto é, que podem provocar certos danos localizados reparáveis, denominando-se por técnicas ou ensaios semi-destrutivos (CÓIAS, 2006).

2.4 Principais Patologias Encontradas em Edifícios Antigos

As anomalias de construção podem ou não ter origem humana. As principais causas de anomalias com origem humana são as seguintes (AGUIAR, 2005):

- Na fase de conceção e projeto: ausência de projeto ou má conceção do mesmo, pormenorização insuficiente ou deficiente, seleção inadequada de materiais e técnicas construtivas;

- Na fase de execução: ausência ou insuficiência de fiscalização, má qualidade dos materiais empregados e mão-de-obra não qualificada, não conformidade entre o que foi projetado o que foi efetivamente executado;

- Na fase de utilização: ausência ou insuficiência de manutenção, alteração das condições de utilização previstas, remodelação e alterações mal estudadas.

Existem ainda outras causas que provocam anomalias nos edifícios como as ações naturais, desastres naturais e desastres imprevistos devidos a causas humanas.

Quando se abordam as patologias nos edifícios, pretende-se determinar os defeitos existentes tanto de origem estrutural quanto não estrutural. A identificação da patologia é um dos aspetos mais importantes das inspeções para que um diagnóstico seja elaborado de forma mais fidedigna. Assim, através da sua identificação nos diferentes locais, é mais simples avaliar as principais causas e, então, determinar quais são as melhores soluções para tratar a anomalia. O Quadro 3 mostra as anomalias mais frequentes encontradas em edifícios antigos.

Quadro 3: Síntese das anomalias mais frequentes em edifícios antigos (Cóias, 2006)

Anomalias	Causas Possíveis
Fendas e fissuras	Evidenciam deformação de alvenaria. Podem ser antigas ou recentes, podem estar activas ou estabilizadas
Fractura localizada de revestimento e cantarias	Corrosão de chumbadouros, “gatos” ou ferrolhos de ferro ou aço
Junta de alvenaria aberta	Alteração e erosão das argamassas. Acção de vegetação infestante
Fendas e fissuras nos materiais de revestimento	
Podridão e erosão da pedra	Deterioração agravada pela acção do vento. Acção de agentes agressivos presentes na atmosfera ou na água da chuva.
Podridão em elementos de madeira em particular nos apoios na alvenaria, em presença de humidade	Infiltração, fugas de canalização
	Acções dos fungos de podridão
Enfraquecimento de elementos de madeira seca	Ataque por insetos xilófagos (caruncho)

O Quadro 4 mostra as anomalias mais relevantes do exterior do edifício, incluindo uma descrição das causas mais comuns.

Quadro 4: Anomalias correntes do exterior dos edifícios e respectivas causas (Cóias, 2006)

Componente	Designação da anomalia	Causas
Elemento		
Fachada, paredes exteriores e varandas		
Tubo de queda	Entupimento, ruturas, fugas	Falta de manutenção
Caixilharia	Degradação do material de selagem das juntas	Má pormenorização
		Falta de manutenção
		Má qualidade do material de selagem
	Imperfeição e descontinuidade do perfil de vedação dos vidros	Má pormenorização
		Envelhecimento
		Má qualidade dos vedantes ou da sua aplicação
Impermeabilização de paredes e empena	Destacamento	Inadequabilidade dos produtos aplicados, má aplicação, envelhecimento com infiltração entre o suporte e o reboco
Parede exterior	Fenda (de origem não estrutural)	Variação de temperatura externa
	Fendilhação	Retração dos materiais, mau comportamento térmico, pequenas deformações ou sobre substrato mal preparada
Pintura	Bolhas ou ampolas	Tinta demasiado impermeável ao vapor de água. Aplicação em condições deficientes ou substrato mal preparado
	Eflorescência	Humidade ascendente, infiltrações
	Escamação	Tinta demasiado impermeável ao vapor de água. Aplicação em condições deficientes ou substrato mal preparado
	Ferimento ou pulverização	Tinta inadequada ou alterada devido à exposição, envelhecimento precoce.
	Mancha	Infiltração pela cobertura
Revestimento de pedra	Destacamento	Fixação desadequada
		Juntas entre as pedras demasiado apertadas
	Fissura, fenda	Mau Assentamento - fixação desadequada. Juntas entre as pedras demasiado
Parede exterior - face interior	Condensação	Condensação provocada por pontes térmicas
Varanda - Guarda metálica	Corrosão	Deterioração dos materiais (envelhecimento da pintura e metalização; falta de aderência da pintura com destacamento)
Cobertura - em telhado		
Beirado	Vegetação infestante (possíveis infiltrações de água para o interior do edifício)	Deficiente manutenção

Ralo, calceiras e algerozes	Entupimento, rutura, fuga (possível entrada de água para o interior do edifício)	Envelhecimento, falta de manutenção Vandalismo
Telha	Quebra ou deslocamento	
Impermeabilização	Acumulação de água Empoçamento	Pendente insuficientes, deformações
	Fissuração	Deficiência da camada de suporte
	Perfuração	Falta de cuidado durante a obra ou depois
		Falta de manutenção
Portas e Janelas		
Caixilho	Deformação; empeno	Deficiente concepção
		Envelhecimento do material
	Falta de estanqueidade	Deficiente manutenção. Deficiente montagem
	Folga excessiva nas juntas móveis	Retração da madeira devido a variação de humidade Falta de manutenção
Caixilho - pintura	Escamação	Pintura a necessitar de renovação, por tempo excessivo de exposição ao sol. Deficiente adequabilidade da tinta, caso a deterioração seja precoce
Dobradiças	Folga deficiente em relação à soleira	Melhor manutenção
Fixações	Corrosão	Metal mal protegido
		Melhor manutenção

O local onde se situa o edifício tem grande influência na sua durabilidade e manutenção, uma vez que as ações climáticas são cruciais para o seu desempenho. É na fase de projeto que questões como por exemplo, a incidência solar, a chuva dirigida e a existência de aterros ou escavações na vizinhança devem ser estudadas para que se possa escolher o melhor material e solução construtiva para as situações específicas que o edificado estará sujeito.

As manifestações patológicas em fachadas e paredes externas mais comuns estão associadas às fissurações e à presença de humidade, quer proveniente do terreno, quer de precipitação e/ou de condensação. Nestas condições, a degradação acontece com rapidez, tornando-se rapidamente visível e, conseqüentemente, necessitam de intervenções de conservação e reparação (Veiga, e al. 2004). A Figura 3 exemplifica uma anomalia encontrada em uma fachada na cidade do Porto.



Figura 3: Fachada com amplas anomalias na Rua do Comércio do Porto (MOREIRA, 2016)

As coberturas de edifícios antigos são outro elemento construtivo que apresenta anomalias complexas, desde logo pelo facto de ser um elemento que envolve e protege o edifício. A cobertura reveste o topo do edifício evitando a entrada de água e isolando termicamente o interior, além de ter a função de captar e distribuir as águas pluviais. Uma cobertura deve ser bem projetada e executada para que seja durável e para que contribua para a eficiência energética e conforto do edifício. Na Figura 4 mostram-se exemplos de anomalias em coberturas inclinadas revestidas com telhas cerâmicas.



a) Telhas desalinhadas



b) Manchas de colonização biológica

Figura 4: Exemplos de danos existentes na cobertura (MENDONÇA, 2023)

2.5 Ensaios não-destrutivos de caracterização do estado de conservação dos edifícios

2.5.1 Termografia de infravermelhos

A termografia infravermelha é uma técnica amplamente aplicada em diversas áreas, como por exemplo na área da ciência e investigação, medicina, meteorologia, arqueologia, astronomia, geologia, entre outros; na indústria é aplicada no controlo de processos de fabrico e na manutenção de sistemas elétricos e mecânicos, no setor de energia renováveis esta técnica é aplicada para avaliar sistemas fotovoltaicos e aproveitamento de energia eólica (GARCIA, 2014).

Barreira (2004), afirma que na construção civil a termografia é uma ferramenta utilizada para identificar e diagnosticar áreas degradadas elementos construtivos. Através das imagens térmicas (termogramas) é possível detetar zonas com perdas de calor e presença de humidade, zonas onde ocorrem fugas de ar e entrada de água e defeitos nos revestimentos. A termografia deteta manifestações patológicas na superfície através de uma imagem térmica, evidenciando problemas como fissuras, destacamento de revestimentos e problemas de humidade que não são possíveis de verificar através da inspeção visual (BAUER; PAVON, 2015). A Figura 5 mostra um exemplo de câmara térmica.



Figura 5: Câmara Térmica BOSH Gtc 400C

A termografia é caracterizada por ser um ensaio não destrutivo que tem como base a deteção da radiação infravermelha e permite identificar heterogeneidade dos elementos construtivos. É um método de deteção da distribuição de energia térmica emitida pela superfície de um ou mais objetos (GARCIA, 2014).

Durante o ensaio com termografia existem duas abordagens que podem ser utilizadas: a passiva e a ativa. Na abordagem ativa (Figura 6) existe uma fonte de excitação artificial, tal como

sistemas de aquecimento. Já na abordagem passiva (Figura 7), geralmente utilizado para a inspeção de edifícios, o material sob investigação é normalmente examinado sem que haja uma fonte de excitação artificial para detecção de uma anomalia ou de um possível defeito (AVDELIDIS, et al., 2004).



Figura 6: Técnica de termografia ativa (CORTIZO, 2007)

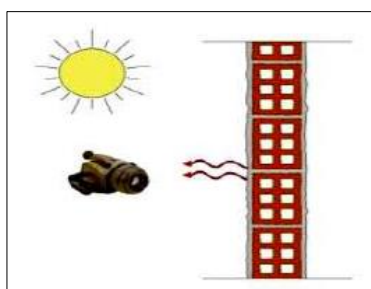


Figura 7: Técnica de termografia passiva (CORTIZO, 2007)

No que se refere aos edifícios em alvenaria de pedra, a termografia pode ser usada para identificar problemas estruturais, falhas de isolamento térmico, humidade ou áreas sujeitas à deterioração. Além disso, o uso da termografia pode também auxiliar na avaliação da eficiência energética destas edificações.

A utilização da termografia em alvenaria revestida por argamassa, pode identificar os seguintes aspectos relacionados com a eficiência energética e integridade da estrutura:

- Identificação de falhas ou fissuras: a termografia auxilia na identificação das fissuras ou descolamentos na argamassa que possam comprometer a funcionalidade do revestimento;
- Avaliação do isolamento térmico: através da medição da temperatura superficial, é possível avaliar se existe elementos técnicos ou se é adequado;

- Verificação da uniformidade térmica: a termografia pode indiciar variações de temperatura podendo indicar possíveis variações na uniformidade térmica;

- Detecção de humidade: a termografia pode identificar áreas húmidas ou com infiltração;

2.5.2 Teor de humidade das paredes

Nos revestimentos exteriores dos edifícios antigos é comum observarem-se diversas manifestações patológicas. Os sintomas mais frequentes observados referem-se a fendilhação, eflorescências, colonização biológica, perda de aderência, perda de coesão, erosão, manchas com origem na sujidade e poluição. Muitos destes defeitos têm como origem e causa comum a presença de humidade (MAGALHÃES, 2002).

Um dos métodos de aferir a humidade nas construções, é através do humidímetro portátil (Figura 8). Trata-se de um equipamento utilizado para verificar o teor de água das paredes, funcionando através de dois eléctrodos em forma de agulha ou de sondas de superfície ou de profundidade a introduzir nos elementos a ensaiar.

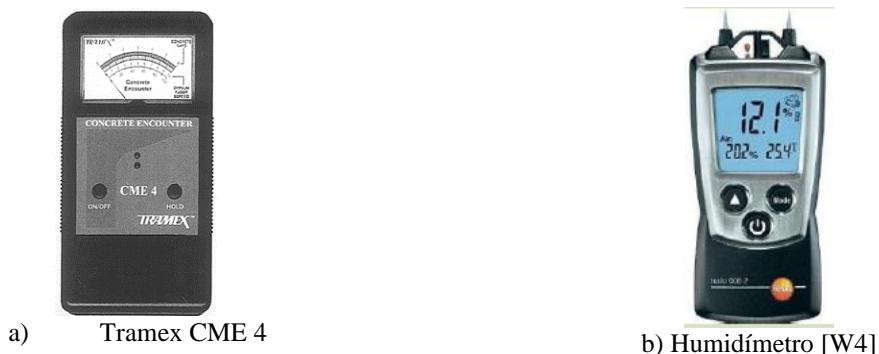


Figura 8: Figura 8: Modelos de Humidímetros

Esta técnica é de utilização rápida e prática. Os resultados permitem detetar zonas de um mesmo elemento construtivo com diferentes teores de humidade. É importante detacar que estes equipamentos indicam valores adimensionais do teor de humidade, ou seja, não são valores absolutos. Refere-se ainda que se trata de equipamentos muito sensíveis, pelo que é necessário fazer várias medições em cada elemento construtivo, sempre de forma cuidadosa e sistematizada.

2.6 Aplicação da Termografia para o Diagnóstico de Patologia

Neste subcapítulo, serão destacados 3 trabalhos anteriores relevantes para os objetivos desta dissertação. Em cada caso de estudo são analisados os procedimentos adotados com objetivo de analisar e relacionar as suas conclusões com o estudo desenvolvido nesta dissertação.

2.6.1 Trabalho 1: “Influência do Tipo de Revestimento na Avaliação de Umidade Ascensional com Termografia de Infravermelho” (OLIVEIRA, et al. 2022)

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre a influência do tipo de revestimento na avaliação da umidade ascensional com o uso da termografia de infravermelho na cidade da Bahia, no Brasil. Para a realização deste estudo, foram feitos protótipos de paredes de alvenaria e em seguida, foi colocada água em na parte inferior da parede para simular a presença de umidade ascensional.

Para simular a presença da água na base das paredes, foi colocada na base da alvenaria de todos os protótipos uma bandeja de PVC que foi mantida com água durante todo o tempo do experimento. A base e as laterais da alvenaria foram revestidas com poliestireno expandido e madeira para evitar a perda de calor. Os protótipos foram feitos com três blocos cerâmicos de oito furos com dimensões de 19x19x9 cm³, assentados verticalmente com argamassa de assentamento industrializada de uso geral e juntas de 1cm.

Os quatro protótipos foram revestidos pela face frontal de forma diferente:

- Protótipo 1 (P01-A): foi revestido com argamassa industrializada para revestimento
- Protótipo 2 (P02-PVA): foi revestido com argamassa industrializada e recebeu uma camada de pintura com tinta PVA branca;
- Protótipo 3 (P03-G): foi revestido com argamassa industrializada e foram assentadas com argamassa colante ACIII, placas cerâmicas brancas;
- Protótipo 4 (P04-G): foi revestido com argamassa industrializada e foram assentadas com argamassa colante ACIII, placas cerâmicas brancas do tipo porcelanato.

A Figura 9 mostra os protótipos feitos para o trabalho.

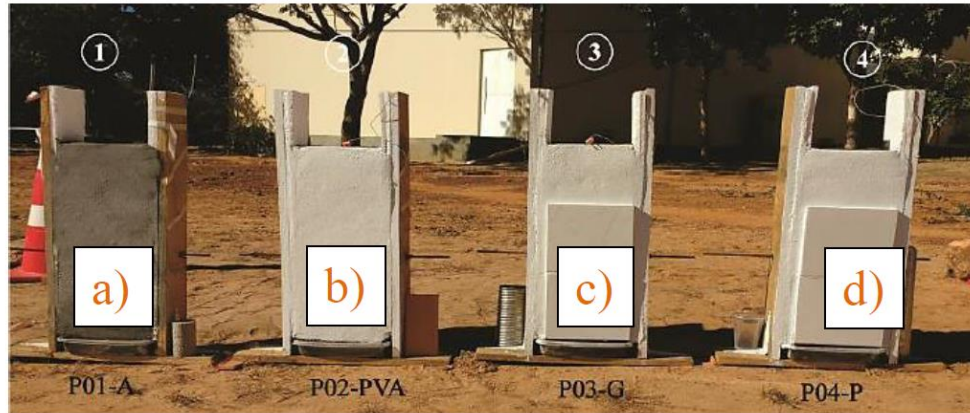


Figura 9: Protótipos: a) protótipo com uma face argamassada (P01-A); b) protótipo com tinta PVA branca (P02-PVA); c) protótipo com uma face revestida com placa cerâmica tipo grés (P03-G); d) protótipo com uma face revestida com placa cerâmica tipo porcelanato (P04-P) (OLIVEIRA, et al. 2022)

O nível de água das bases foi mantido constante durante o tempo do ensaio e os provetes foram expostos ao ambiente externo durante 4 dias. Os protótipos, foram colocados em um local com incidência direta do sol e em um local sem incidência direta do sol. As imagens térmicas e as leituras de temperatura e humidade foram coletadas num intervalo de 1h no período das 7 horas às 19 horas e foi feito um processamento de dados e das imagens para uma análise posterior.

No protótipo 1, como o revestimento era mais poroso e não houve tratamento na superfície externa, os valores da variação de temperatura (ΔT) foram maiores durante todo o dia. Já os demais protótipos, por possuírem um tipo de tratamento na superfície externa, não sofreram uma grande variação de temperatura.

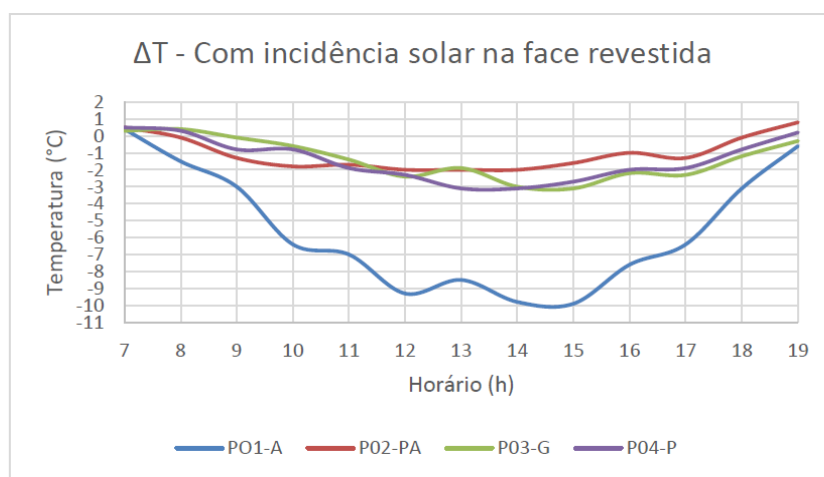


Figura 10: Comportamento da variação da temperatura nos revestimentos argamassados (P01-A), pintura (P02-PA), e porcelanato (P04-P) submetidos à incidência de radiação solar. (OLIVEIRA, et al. 2022)

Em ambiente sem incidência solar, não há grandes diferenças entre os revestimentos, podendo-se considerar que a variação de temperatura depende das características do revestimento. Quanto mais claro e maior a espessura do revestimento, menor a variação de temperatura, sendo também mais difícil detectar a presença de humidade ascensional.

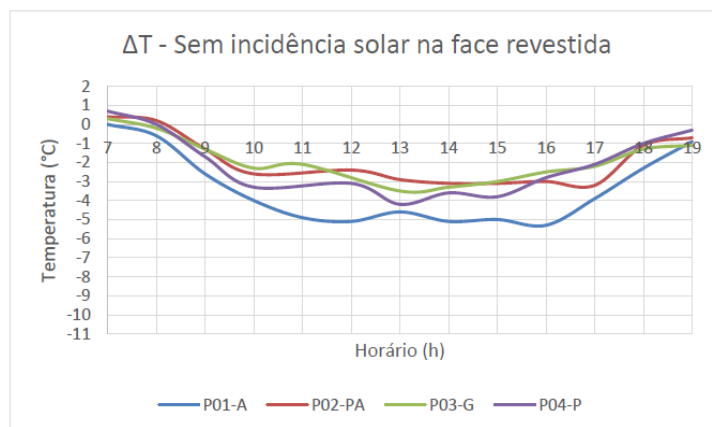


Figura 11: Comportamento da variação da temperatura nos revestimentos argamassados (P01-A), pintura (P02-PA), grés (P03-G) e porcelanato (P04-P) submetidos à incidência de radiação sem incidência de radiação solar.

(OLIVEIRA, et al. 2022)

Através deste estudo, foi possível concluir:

- A termografia de infravermelho deteta mais facilmente a humidade ascensional em paredes com revestimento argamassado do que em paredes com revestimento cerâmico, já que o revestimento cerâmico se comporta como uma barreira;
- Em ambientes externos a variação de temperatura depende da incidência direta do sol no revestimento, possibilitando a visibilidade da humidade ascensional nas paredes;
- Os valores da variação de temperatura com ou sem a incidência direta do sol na face revestida foram maiores no caso do revestimento argamassado sem pintura, mostrando que a cor do revestimento teve a maior influência neste parâmetro;
- Pode-se concluir em relação à influência do tipo de revestimento na detecção da humidade ascensional com a termografia de infravermelho que esta patologia pode ser detetada em todos os tipos de revestimentos (argamassado, pintura, grés e porcelanato), sendo mais facilmente detetável no revestimento argamassado.

2.6.2 Trabalho 2: “Termografia Infravermelha na detecção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado” (MARESCO, et al, 2015)

O objeto de análise deste estudo foi o edifício onde está localizada a biblioteca da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A obra teve início no ano de 1998 e sua inauguração foi no ano 2000. De acordo com os dados recolhidos, a edificação não teve nenhuma ação relevante de manutenção nas fachadas no decorrer dos anos até à data da publicação do trabalho.

Neste trabalho foi feita uma inspeção visual das fachadas e, para cada patologia identificada, foram realizados termogramas em três períodos diferentes ao longo do dia (manhã, tarde e noite). As imagens termográficas foram feitas em dias não chuvosos ou em dias posteriores ao período de chuvas e foi levado em consideração os dados da incidência solar, temperatura ambiente, humidade relativa do ar e temperatura.

Através da inspeção visual, foi possível identificar manifestações patológicas na fachada sudoeste como fissuras (identificada na Figura 12 pelo número 1), biodeterioração (identificada na Figura 12 pelo número 2) e manchas causadas por humidade (identificada na Figura 12 pelo número 3).

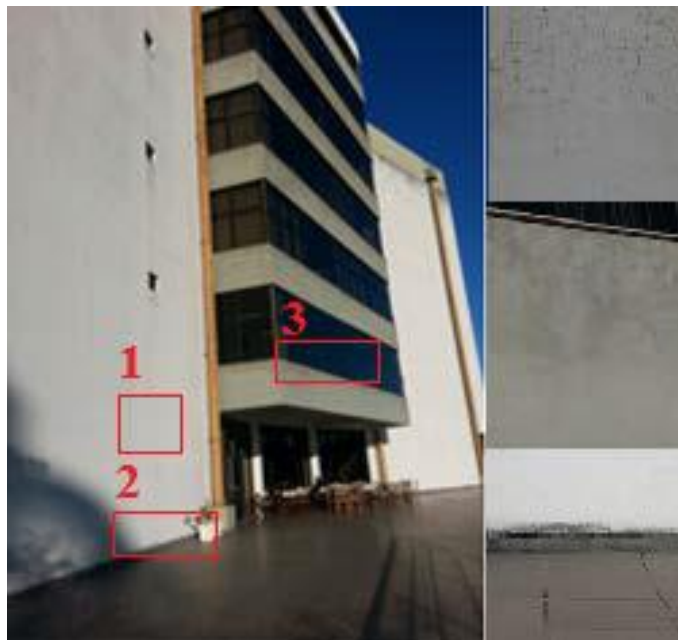


Figura 12: Manifestações patológicas estudadas (MARESCO, et al, 2015)

Foi possível notar uma diferença de temperatura registada pela câmara termográfica das áreas onde não havia patologia para as áreas onde existia manifestação patológica. Na região onde

existia fissuração, foi possível observar no termograma do período da tarde que algumas áreas tinham a mesma faixa de temperatura obtida no local das fissuras em relação ao período da noite, porém não foi possível identificar visualmente a presença de fissuras.

Na região com biodeterioração, foi possível notar que as áreas com menor temperatura coincidem com os locais onde não existe a manifestação patológica. Segundo os autores, isto pode estar ligado ao fato de os microrganismos geram calor com o seu metabolismo.

Já nas manchas causadas pela presença de humidade, no período da manhã, a termografia registou baixa temperatura e, em algumas áreas onde a manifestação patológica não está visível, foram identificadas temperaturas menores. Isto indica que nestes locais, existe a presença de humidade, mas a manifestação patológica ainda não é visível a olho nu.

O objetivo do trabalho foi alcançado, pois o uso da câmara termográfica auxiliou na deteção das manifestações patológicas descritas e ainda indicou um possível foco de patologia causada pela presença da humidade. A termografia também pode auxiliar no mapeamento de locais onde possam ser colocados os equipamentos para realização de ensaios complementares.

O melhor período para a realização do ensaio, de acordo com os resultados obtidos neste estudo, foi pela manhã. Isto pode ser justificado com base na pouca incidência do sol, e este facto contribui para o aquecimento ou falta de aquecimento nos locais onde aparecem as manifestações patológicas, já que as regiões analisadas não eram grandes. Ficou evidente, durante os ensaios, que a câmara termográfica capta diferença de emissão de radiação onde as patologias são visíveis.

2.6.3 Trabalho 3: “Termografia como instrumento de identificação de manifestações patológicas em igrejas históricas” (ROCHA, et, al. 2019)

O terceiro trabalho analisado foi realizado no estado de Minas Gerais, no Brasil, e tem como objetivo de estudo o uso da termografia para a análise e registo das manifestações patológicas nas igrejas históricas da região metropolitana da cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais. A câmara termográfica utilizada é do modelo FLIR T450s.

O trabalho iniciou-se com um levantamento histórico das 5 igrejas seleccionadas para a realização deste estudo. As documentações foram fornecidas pelo órgão público nacional, o Instituto do Património Histórico Artístico Nacional (IPHAN) e pelo Instituto do Património

Histórico Artístico de Minas Gerais. A Figura 13 mostra a localização das igrejas na região metropolitana de Belo Horizonte.

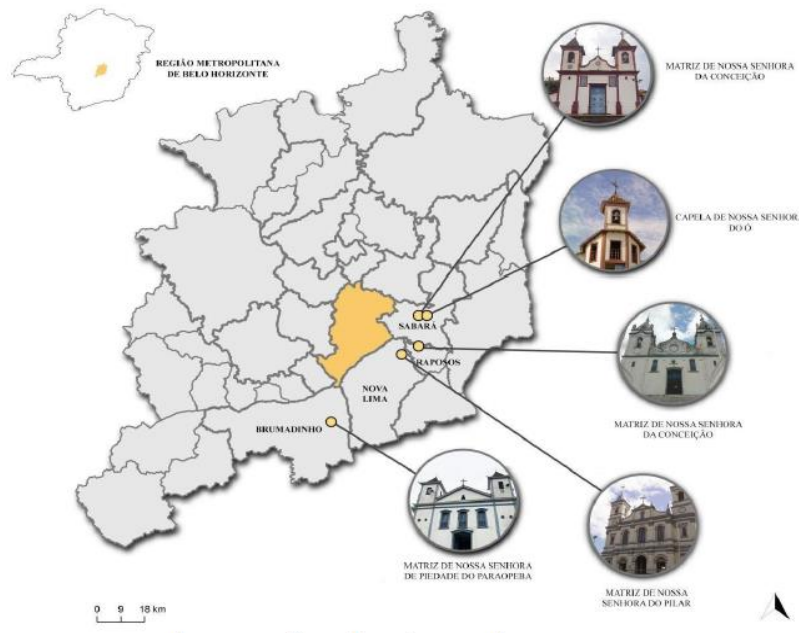


Figura 13: Localização das Igrejas em estudo, ano 2019 (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2019: adaptado) (ROCHA, et, al. 2019)

Considerada uma das primeiras igrejas do estado de Minas Gerais, a Matriz de Nossa Senhora da Conceição de Raposos, foi construída entre os anos de 1690 e 1752 e as técnicas construtivas adotadas foram o adobe, taipa de pilão e madeira. Através da inspeção visual com o complemento das imagens termográficas, foram identificadas fissuras que se ramificam pelo elemento de vedação permitindo o surgimento de outras manifestações patológicas, como o destacamento do revestimento, eflorescência e outras fissuras menores.

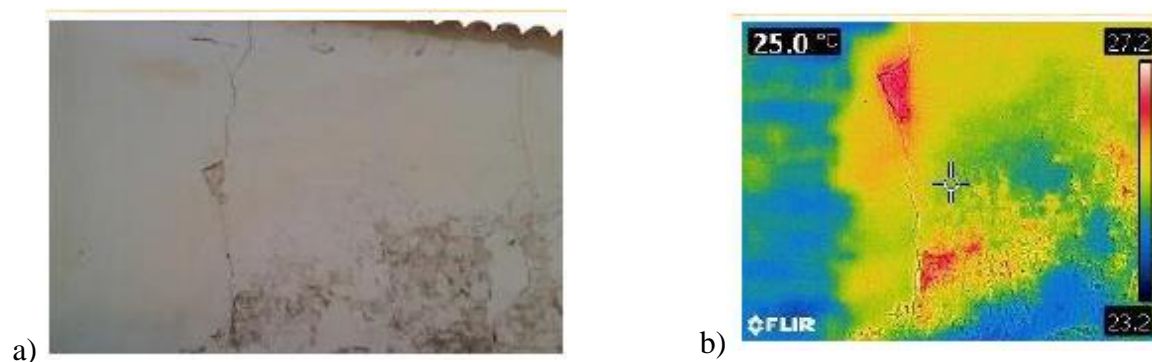


Figura 14: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora da Conceição de Raposos; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019)

Não foram encontrados registos históricos da Capela de Nossa Senhora do Ó, portanto, foi considerado que o período da sua construção foi entre os anos de 1710 e 1720 e a técnica construtiva adotada foi o adobe e madeira com algumas modificações com o passar do tempo. Foi possível observar uma grande área com bolor e eflorescências, causadas pela permanência de água e pela ausência de manutenção. Verificou-se que o crescimento ocorre não apenas de forma longitudinal, acompanhando o empoçamento, mas também verticalmente. Esse comportamento está diretamente relacionado com o efeito de capilaridade da terra enquanto material de construção.

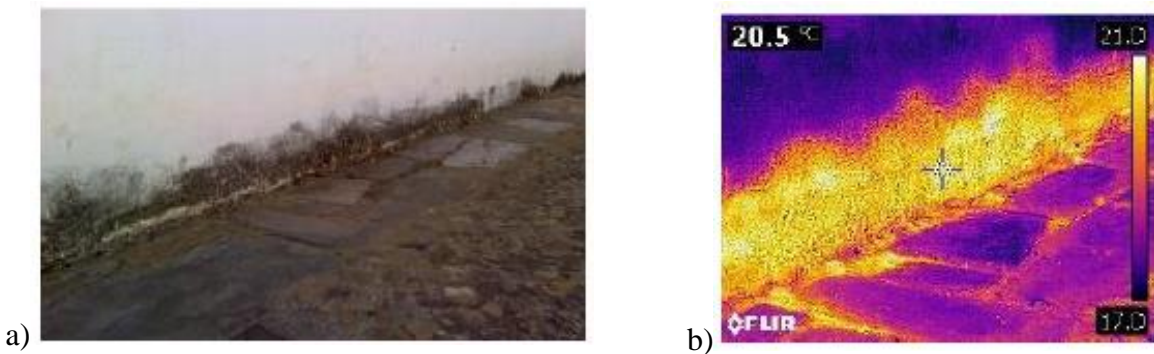


Figura 15: a) Imagem da parede da Capela de Nossa Senhora do Ó; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019)

A Matriz de Nossa Senhora de Piedade do Paraopeba foi erguida nas décadas finais do séc. XVII e apresentou a técnica construtiva de adobe e madeira. Com o uso da câmara termográfica, foi possível identificar a existência de diversas fissuras com baixa espessura, mas com grande extensão. Um outro aspecto relevante relacionado com os resultados da termografia são as temperaturas mais baixas, que costumam seguir um padrão ao longo do alinhamento da janela, segundo os autores, possivelmente devido ao fluxo constante de água da chuva.

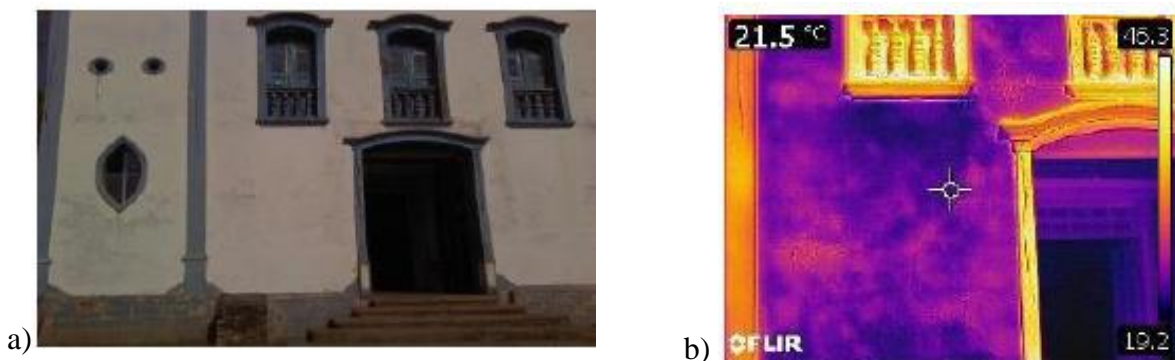


Figura 16: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora de Piedade do Paraopeba; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019)

A igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição, erguida entre os anos 1700 e 1710, é do estilo barroco e foram adotadas as técnicas construtivas de adobe e madeira. Através das imagens térmicas, é possível notar uma faixa escura na região superior da fachada, provavelmente causada pelo escoamento de água pluvial das telhas que compõem a fachada. A imagem termográfica revela ainda que as duas fissuras localizadas logo abaixo do ornamento circular com a estrela se estendem em linha reta até os limites do elemento arquitetônico.

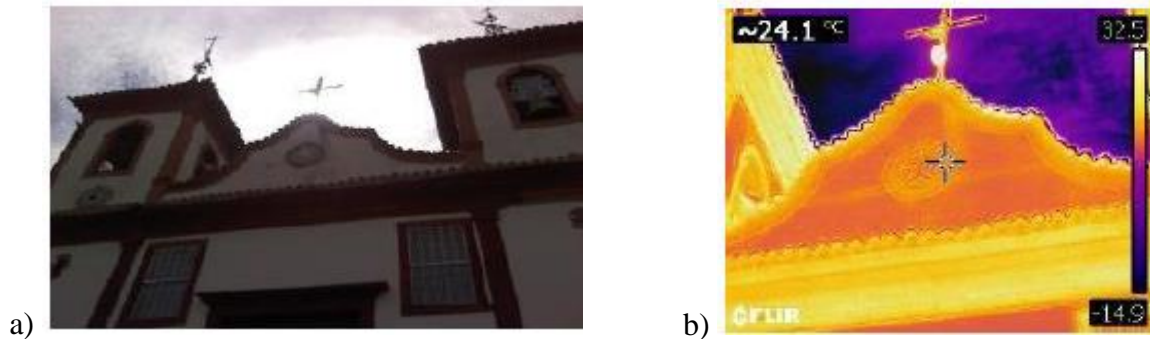


Figura 17: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora da Conceição; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019)

Já a última igreja, a Matriz de Nossa Senhora do Pilar, foi construída no final do século XVIII e tem como técnica construtiva o uso do adobe e da madeira. Após a inspeção visual da fachada desta igreja, foi possível notar que havia diversos pontos de empolamento da pintura devido a presença de umidade. Além disso, foi possível notar que existe uma grande perda de material com o destacamento de pintura, o que pode resultar na perda significativa do revestimento em um curto período.

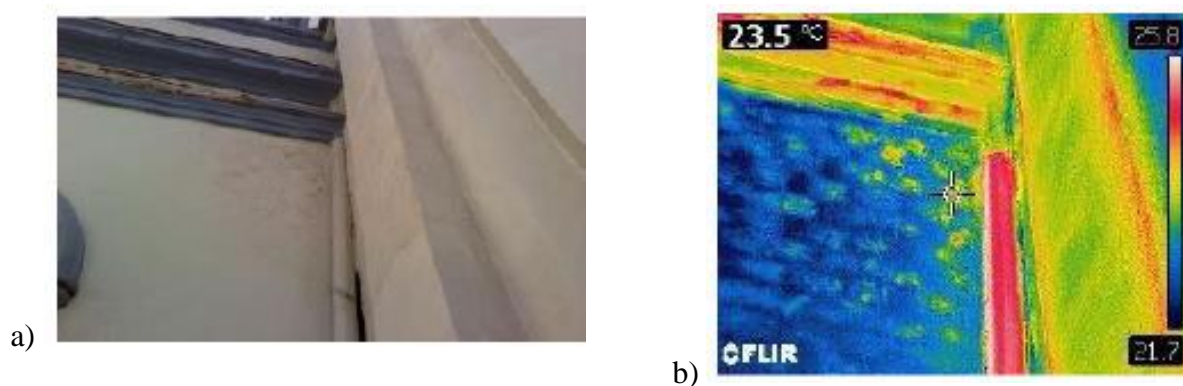


Figura 18: a) Imagem da parede da Matriz de Nossa Senhora do Pilar; b) Imagem termográfica (ROCHA, et, al. 2019)

Ao analisar todos os pontos de estudo, foi possível concluir que as manifestações patológicas encontradas em todas as igrejas foram semelhantes entre si, com exceções pontuais. Apesar de serem análises superficiais, a utilização do método não destrutivo permitiu identificar outras áreas impactadas por defeitos. Em relação à conservação das alvenarias e das estruturas de terra, grande parte dos problemas está diretamente associada à presença de humidade. Edificações construídas a partir de terra e madeira, requerem proteção contra as intempéries, como o uso de grandes beirais, além de se ter de levar em consideração o perfil bioclimático brasileiro.

De acordo com os autores, os termogramas foram precisos ao indicar a presença de humidade, rastros não visíveis de fissuras e camadas do acabamento com deterioração. Cabe ressaltar que grande parte das manifestações analisadas nos termogramas podem ser visualizadas, também, a olho nu.

No contexto do património cultural, a termografia, é uma técnica não destrutiva com grande potencial para a fase de levantamento e análise de manifestações patológicas em edificações históricas.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os métodos e procedimentos adotados nas duas etapas da investigação. Numa primeira fase foram caracterizadas cinco paredes de edificações localizadas no Centro Histórico de Viseu através de ensaios não destrutivos e, num segundo momento, são caracterizados alguns edifícios através da inspeção visual.

3.1 Ensaios não destrutivos

Os ensaios não-destrutivos utilizados neste trabalho foram termografia de infravermelhos e a avaliação da humidade com humidímetro de superfície. Os casos de estudo foram 5 paredes exteriores nas quais foram analisados 6 pontos (num dos edifícios foram avaliados dois pontos da mesma parede). Para ser mais fácil identificar e localizar os pontos de estudo, foi adotada uma codificação específica como se pode observar na Figura 19. Dois pontos estão localizados rua Trás do Colégio (Pontos 1 e 2), um ponto numa edificação localizada na Praça de D. Duarte (Ponto 3), dois pontos estão localizados na rua do Chão do Mte. (Pontos 4.1 e 4.2), e o último ponto está na parede da Capela de Nossa Senhora dos Remédios no Largo Pintor Gata (Ponto 5).

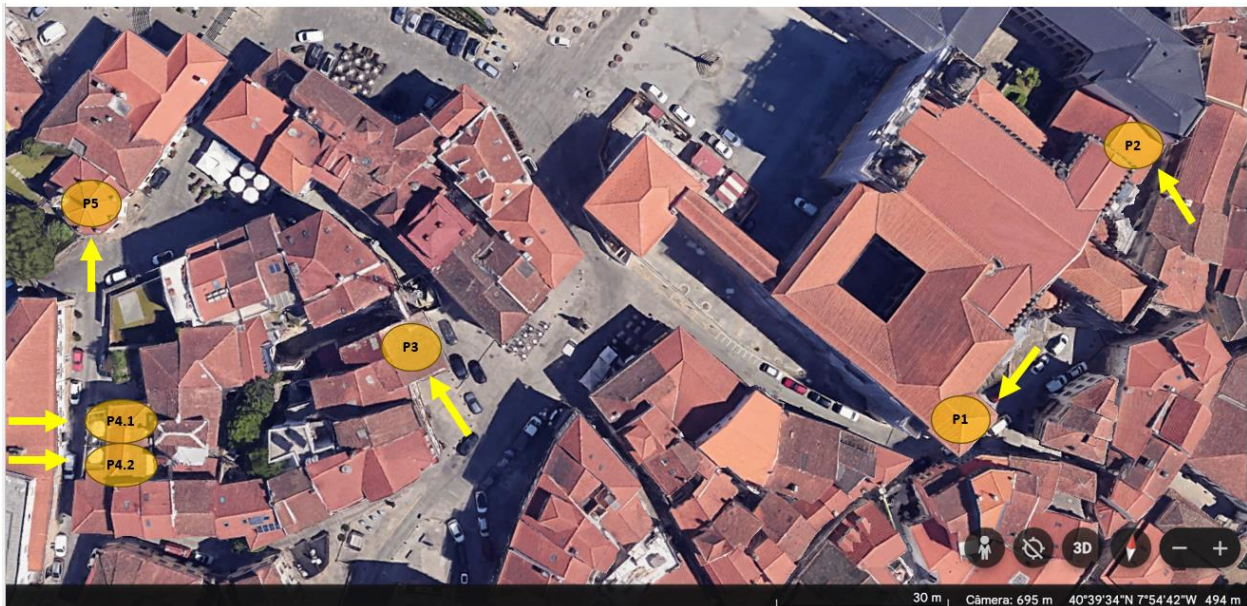


Figura 19: Localização dos pontos de estudo (GOOGLE EARTH, 2023)

As Figuras 20 a 24 mostram o detalhe do local de cada ponto analisado. Os retângulos a vermelho delimitam a região específica onde foram feitas as leituras com o humidímetro.

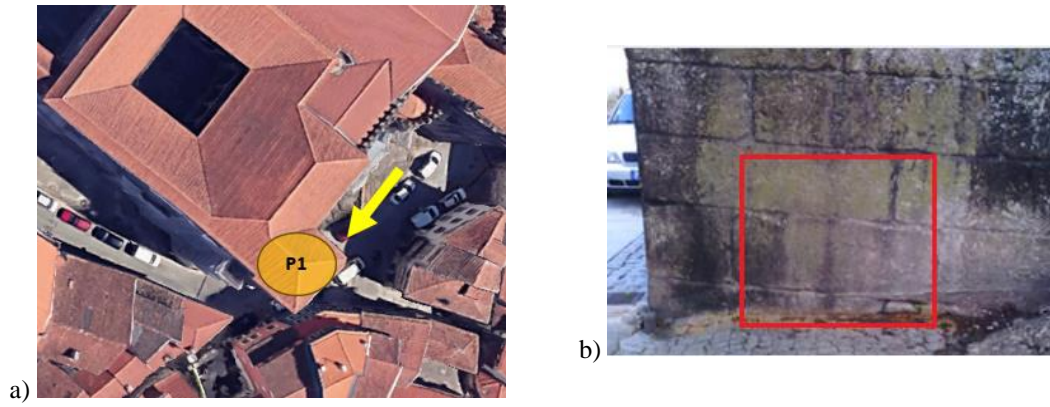


Figura 20: a) Localização PT1: Rua Trás do Colégio (Sé) (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P1 vista de frente

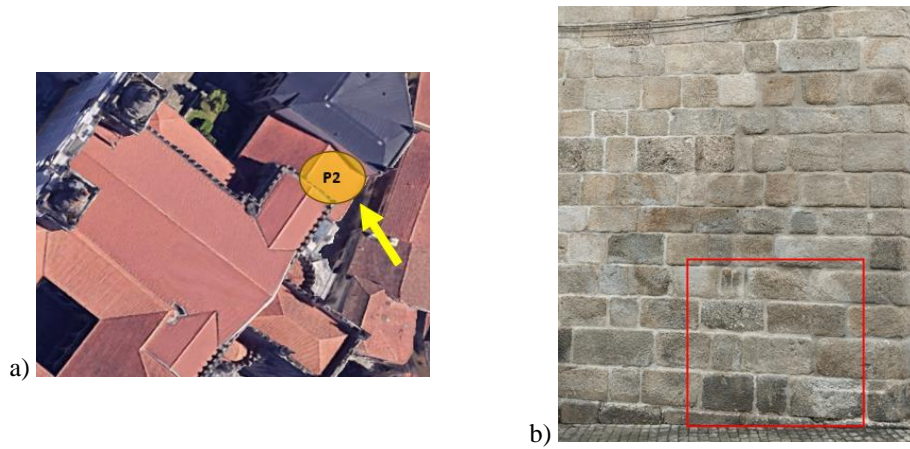


Figura 21: a) Localização PT2: Rua Trás do Colégio, Museu Grão Vasco (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P2 vista de frente



a)

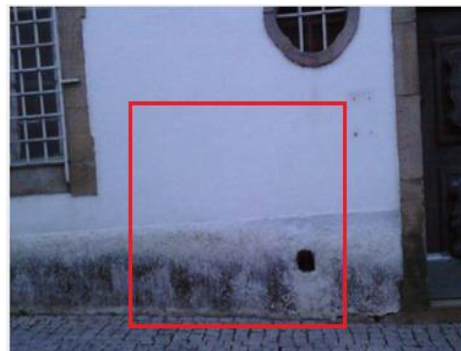


b)

Figura 22: a) Localização PT3: edifício na Praça D. Duarte P3 (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P3 vista de frente



a)



b)

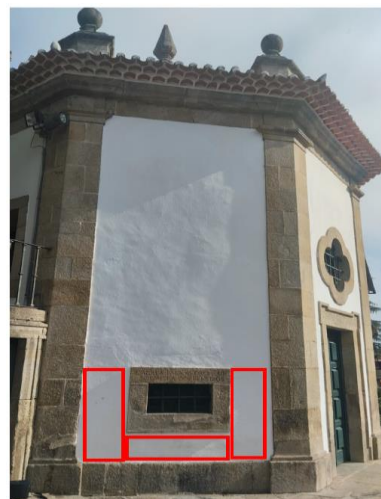


c)

Figura 23: a) Localização PT4.1 e PT4.2: rua do Chão do Mte (GOOGLE EARTH, 2023); b) Fotografia da parede P4.1 vista de frente; c) Fotografia da parede P4.2



a)



b)

Figura 24: a) Localização PT5: Capela Nossa Senhora dos Remédios (GOOGLE EARTH 2023); b) Fotografia da parede P5 vista de frente

O procedimento adotado pretende avaliar o impacto das condições climáticas nos resultados da termografia, uma vez que a qualidade das imagens térmicas pode ser afetada pelas condições de contorno: algumas relacionadas à própria construção, como a humidade dos materiais e a presença de defeitos; e outras dependentes das condições ambientais em que o teste foi realizado, como a radiação solar incidente.

Os equipamentos de medição foram cedidos pelo Departamento de Engenharia Civil do Instituto Politécnico de Viseu (DEC-IPV). Para a avaliação com termografia de infravermelhos utilizou-se uma câmara termográfica modelo Fluke TiS60+ e um tripé, apresentados na Figura 25 e com as características técnicas detalhadas no Quadro 5.



Figura 25: Câmara Termográfica

Quadro 5: Características principais da Câmara Termográfica Fluke TiS60+ [6]

Características Principais	
Resolução de infravermelhos	320 x 204 (76 800 pixels)
Display	LCD de 3.5 polegadas (8,9 cm)
Sistemas de focagem	Fixa
Distância mínima de focagem	46cm (18 pol.)
Câmara digital incorporada (Luz visível)	5MP
Ponteiro Laser	Sim
Velocidade sequencial	9 Hz ou 30 Hz
Temperatura de funcionamento	-10 °C a +50 °C (14 °F a 122 °F)
Humidade relativa	10% a 95% sem condensação
Medições de Temperatura	
Intervalo de medição de temperatura (não calibrada abaixo de -10°C)	-20°C a 400°C
Precisão	±2°C ou 2% (a 25°C nominais, o que for superior)
Sensibilidade térmica (NETD)	≤ 0,045°C à temperatura-alvo de 30°C (45mK)
Nível de alcance	
Nível e Alcance	Escala suave automática e manual
Redimensionamento rápido no modo manual	Sim
Alcance mínimo (em modo manual)	2,5 °C (4,5 °F)
Alcance mínimo (em modo manual)	5 °C (9,0 °F)

Em termos de procedimento, os ensaios termográficos seguiram, com as necessárias adaptações, as recomendações das normas internacionais neste domínio, nomeadamente:

Normas Americanas – *American Society for Testing and Materials (ASTM International)*:

- ASTM C1060 – 11a (2011), “Standard Practice for Thermography Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings”;
- ASTM C1153-97 (2010), “Standard Practice for the Location of Wet Insulation in Roofing Systems Using Infrared Imaging”.

Normas Europeias (EN):

- EN 13187 (1999), “Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method”.

Norma Brasileira (NBR):

- A Norma Brasileira (NBR) 15424-2022: Ensaios não destrutivos – Termografia infravermelha – Terminologia.

Desta forma, o equipamento foi colocado sobre o tripé para que as imagens fiquem estáveis e nítidas. Após posicionar o tripé, foi feita a calibração do equipamento. Em termos de emissividade, adotou-se sempre o valor de 0,95, em linha com os valores de referência sugeridos na literatura embora o teor de humidade do material em análise e a inclinação da câmara influenciou o valor da emissividade [7].

Após o registo da imagem, esta fica armazenada no cartão de memória para ser analisado *a posteriori* no *Software SmartView* disponibilizado pela FLUKE. As principais funções deste programa é abrir os ficheiros para visualizar as imagens térmicas, permitindo o seu tratamento e manipulação como, por exemplo, alterar a escala de temperatura, determinar os pontos de temperatura máxima e mínima e calcular os valores médios.

Para a medição pontual da humidade superficial das paredes, foi utilizado o humidímetro de superfície Protimeter Moisture Measurement System. As medições são feitas utilizando um aparelho portátil (Figura 26), que é posicionado sucessivamente sobre a superfície da parede, ao longo de uma malha de referência previamente marcada. O equipamento possui ponteiras diferentes, que devem ser usadas de acordo com o tipo de revestimento da parede.



Figura 26: Humidímetro

O equipamento utilizado permite fazer medições de humidade em elementos de construção, tais como paredes, pavimentos, alternando simplesmente entre três modos diferentes de funcionamento [4].

No Quadro 6 apresentam-se características principais do equipamento.

Quadro 6: Especificações do equipamento Protimeter MMS [4]

Especificações Gerais	
Protimeter MMS Kit	230 x 190 x 90 mm ³
Peso	1,2Kg
Protimeter MMS Instrumento	180 x 70 x 45 mm ³
Peso	300g
Ecrã	Cristal líquido (LCD)
Sonda higroscópica	50 mm
Comprimento	o 8 mm
Orifício da passagem ideal	o 12 mm
Tolerância	20-35%rh, ±3%rh
	36-98%rh, ±1,75%rh
	0-50°C, ±0,3°C
Temperatura superficial do sensor	0-50°C, ±0,3°C

Os resultados fornecidos pelo equipamento só são válidos em termos comparativos e não absolutos podendo, de qualquer forma, ser uma ferramenta muito útil na deteção de zonas com elevado teor de humidade e na determinação das causas desse fenómeno (MAGALHÃES, et al.).

3.2 Inspeção Visual de um Quarteirão no Centro Histórico de Viseu

A reabilitação de edifícios antigos, de acordo com APPLETON (2003), tem vindo a adquirir importância crescente que se relaciona com a necessidade de promover a preservação do património arquitetónico. É, muitas vezes, através de uma inspeção visual preliminar que é possível fazer o diagnóstico de uma edificação para uma possível intervenção.

O diagnóstico correto é uma tarefa importante perante a ocorrência de anomalias, pois é a partir deste que será possível atuar nas causas e desencadear o processo de reabilitação, eliminando ou controlando os seus efeitos e manifestações.

A inspeção visual de fachadas é um procedimento realizado para avaliar as condições externas dos edifícios, geralmente focado na fachada. Esse tipo de inspeção é crucial para garantir a segurança, a funcionalidade e a estética de uma edificação. Durante a inspeção, são avaliados elementos como revestimento de parede, janelas, portas, estruturas metálicas, elementos de vedação, elementos de concreto, entre outros.

Neste trabalho, o objetivo da inspeção visual realizada é verificar o estado atual das edificações do quarteirão mostrado na Figura 27, nomeadamente avaliar a presença de fissuração, corrosão de elementos metálicos, desprendimento de revestimento, manchas de humidade, danos no telhado, entre outros. No total foram inspecionados 18 edifícios e os registos fotográficos podem ser visualizados no ANEXO B.



Figura 27: Localização do quarteirão onde foi realizada a inspeção visual das fachadas (Google Earth, 2023)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os ensaios de termografia e humidade superficial da parede externa ocorreram em três momentos diferentes e, em cada dia, foram feitas 3 leituras nos seguintes horários: 8:00h, 13:00h e 19:00h. A inspeção visual de um quarteirão do centro histórico de Viseu, foi realizada num dia, incluindo o registo por meio de fotografias.

4.1 Termografia de Infravermelho e Teor de Humidade nas Paredes Exteriores

Os ensaios ocorreram em três dias diferentes para assim ter diferentes condições ambientais e em três momentos do dia para ter diferentes ângulos de iluminação. As leituras foram feitas nos dias 2 e 14 de abril e 10 de maio de 2023.

As paredes em estudo foram designadas de P1, P2, P3, P4.1, P4.2 e P5. A parede P4 foi dividida em 2 zonas (P4.1 e P4.2) separadas por uma porta de madeira. A parede P5 foi analisada somente com a câmara termográfica, pois foram analisados o primeiro e o segundo piso da edificação o que impossibilitou a realização do ensaio com o humidímetro. A Figura 28 mostra os ensaios feitos na parede P3 e na parede P2.



Figura 28: Capela de Nossa Senhora dos Remédios a) Imagem termográfica na parede P3; b) Leitura com o humidímetro na parede P2

Como referido, em cada ponto foram feitas 3 leituras em horários diferentes em 3 dias distintos, num total de 9 leituras em cada parede. Isto resultou em um total de 54 ensaios em todas

as paredes com a câmara termográfica e 45 ensaios com o uso do humidímetro, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7: Distribuição dos ensaios

PAREDE	DIA	HORÁRIO	PAREDE	DIA	HORÁRIO	PAREDE	DIA	HORÁRIO	PAREDE	DIA	HORÁRIO	PAREDE	DIA	HORÁRIO	PAREDE	DIA	HORÁRIO						
P1	02/abr	8h	P2	02/abr	8h	P3*	02/abr	8h	P4.1	02/abr	8h	P4.2	02/abr	8h	P5	02/abr	8h						
		13h			13h			13h			13h			13h			13h	13h					
		19h			19h			19h			19h			19h			19h	19h					
	14/abr	8h		14/abr	8h		14/abr	8h		14/abr	8h		14/abr	8h		14/abr	8h	14/abr	8h	14/abr	8h	14/abr	8h
		13h			13h			13h			13h			13h			13h		13h				
		19h			19h			19h			19h			19h			19h		19h		19h		
	10/mai	8h		10/mai	8h		10/mai	8h		10/mai	8h		10/mai	8h		10/mai	8h	10/mai	8h	10/mai	8h	10/mai	8h
		13h			13h			13h			13h			13h			13h		13h				
		19h			19h			19h			19h			19h			19h		19h		19h		

*: ensaio somente com a câmara termográfica

Face ao número muito significativo de resultados que foram produzidos, optou-se por apresentar no corpo principal do texto apenas a leitura de um dia para cada parede ensaiada. Os demais resultados da termografia e os gráficos feitos a partir das leituras com o humidímetro, podem ser consultados nos Anexo A.

Para o registo com o humidímetro criou-se em cada parede uma malha quadrangular de pontos e, em cada um, foram feitas 3 leituras com o humidímetro, como mostra a Figura 29. Após este levantamento, para cada ponto foi calculada a média dos resultados das 3 leituras e, com este resultado, utilizou-se o *software Surfer 9* para a elaboração dos mapas em cores. Os resultados mostrados na Figura 30 referem-se ao ponto P1 no dia 2 de abril de 2023.

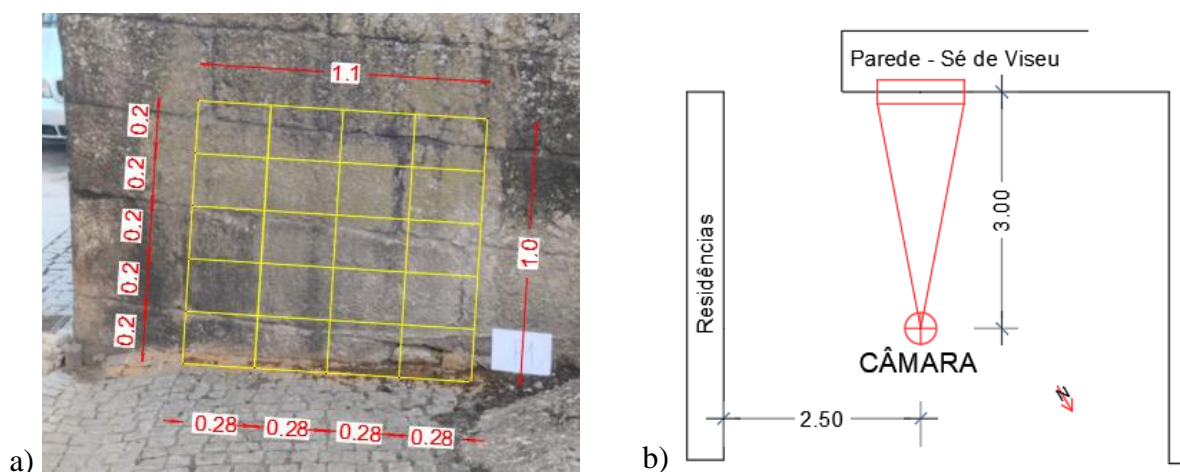
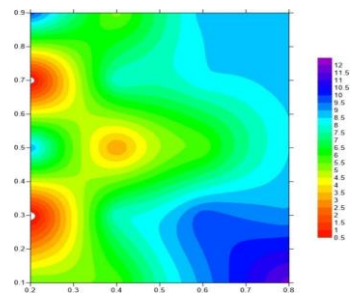
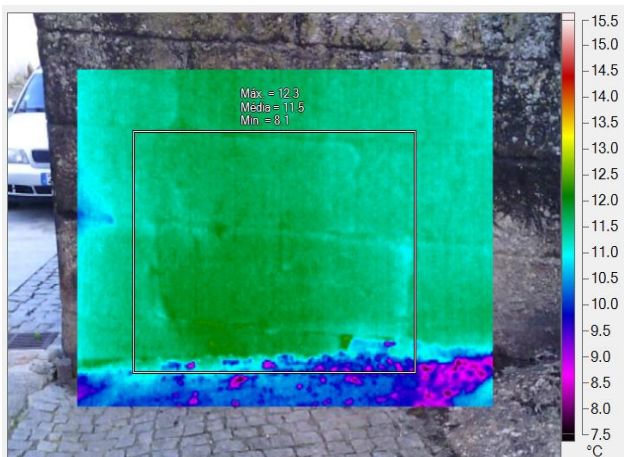


Figura 29: a) Região da parede P1 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro incluindo a altura de pontos para as medições da humidade; b) Distância entre a câmara e a parede analisada.

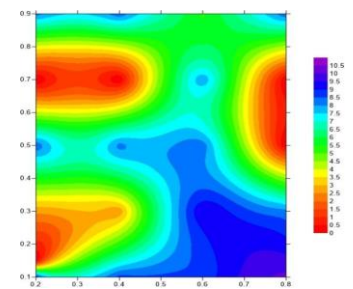
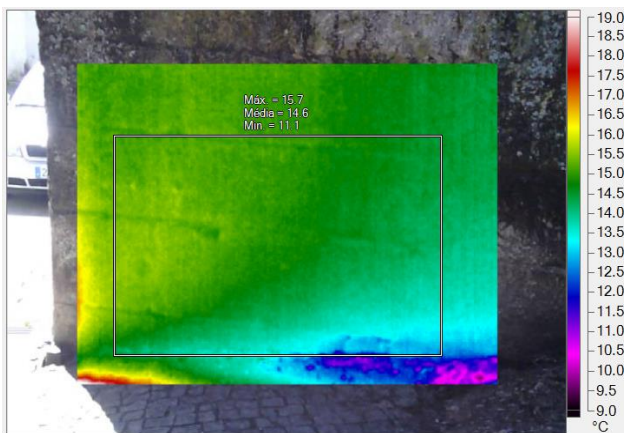
As imagens da termografia foram captadas às 8 horas da manhã, às 13 horas da tarde e às 19 horas da noite. Como esta parede está orientada a norte, recebe pouca radiação solar durante ou

dia o que resulta numa amplitude térmica reduzida. Pela manhã, a temperatura máxima foi de 12,2°C, já no início da tarde, observou-se um ligeiro aumento com a temperatura máxima a ocorrer no canto da parede (17,4°C).

8h



13h



19h

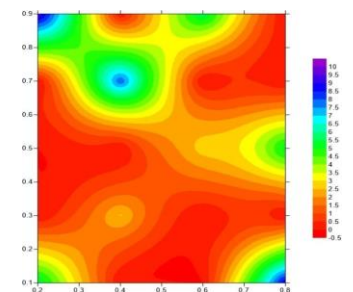
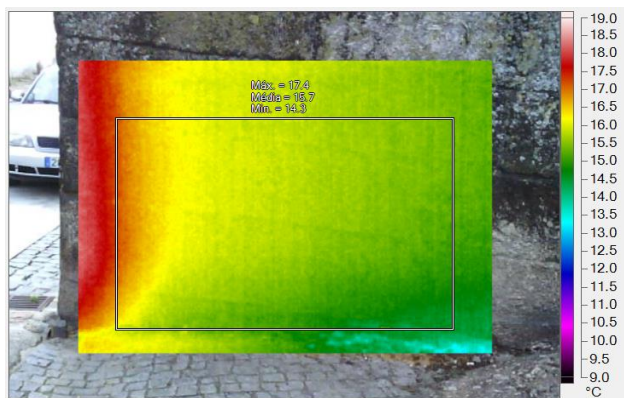


Figura 30: a) Termogramas da parede P1; b) Dados coletados com o humidímetro do ponto 1.

A Figura 31 mostra a parede 2. Nota-se que a região onde se observa mais humidade é junto ao terreno. No local foi possível verificar que havia colonização biológica na parte mais baixa da parede apontando também para níveis mais elevados de humidades nesta zona.

As medições apresentadas na Figura 32 foram efetuadas no ponto 2 no dia 10 de maio de 2023. Trata-se de uma parede em alvenaria de granito do Museu Grão Vasco e está orientada para sudeste, o que lhe permite receber maior incidência solar do que a parede da Sé de Viseu (ponto 1). Para o registo com o humidímetro criou-se em cada parede uma malha quadrangular de pontos e, em cada um, foram feitas 3 leituras com o humidímetro, como mostra a Figura 31.

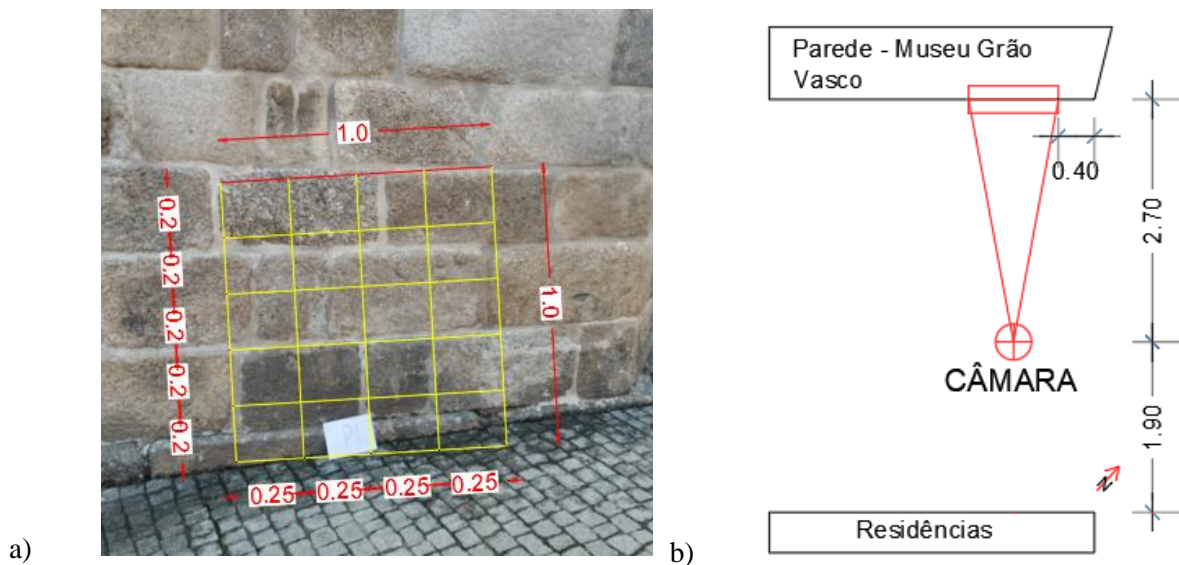
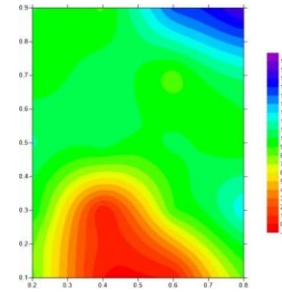
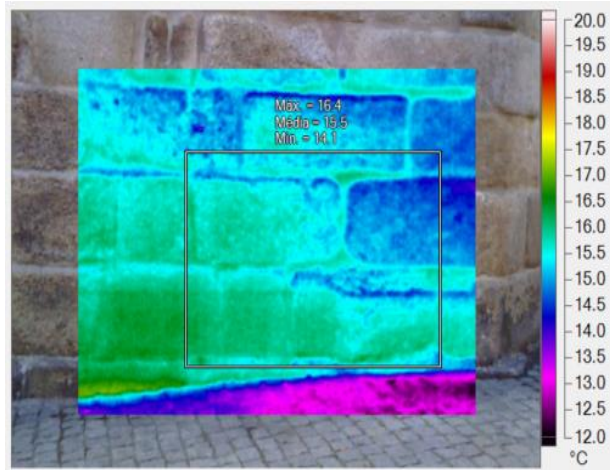


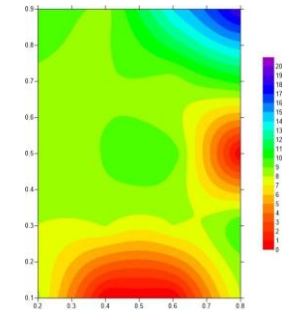
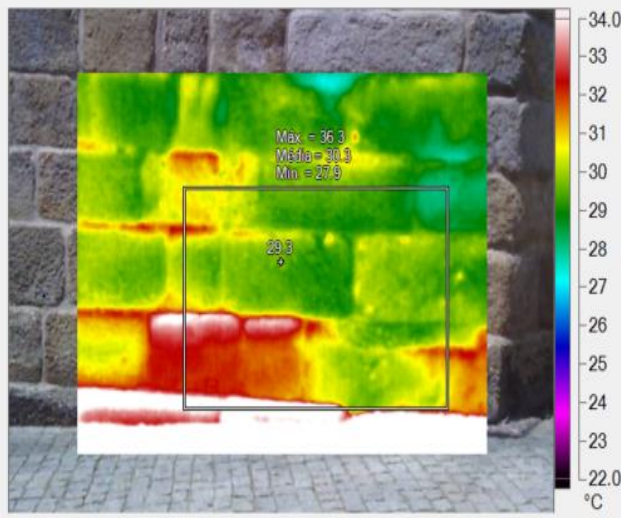
Figura 31: a) Região da parede P2 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.

O tripé foi posicionado a uma distância de 2,70 metros da parede. As imagens térmicas da termografia da Figura 32 foram captadas às 8:00h, às 13:00h e às 19:00h. Pela manhã a parede apresentou uma variação térmica em torno de 2,3°C. Ao longo do dia, houve incidência de radiação solar na parede, o que resultou num aumento considerável na variação de temperatura às 13:00, atingindo o máximo de 36,3°C e mínimo de 27,9°C (gradiente de 8,4°C). No início da noite (medição das 19:00), a variação de temperatura diminuiu, com temperatura máxima de 22,6°C e mínima de 20,4°C (gradiente de 2,2°C). Os resultados mostrados na Figura 32 referem-se ao ponto P2 no dia 10 de maio de 2023.

8h



13h



19h

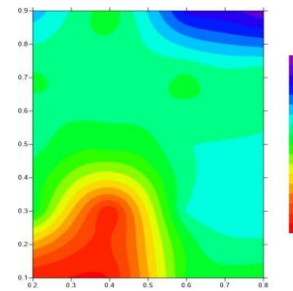
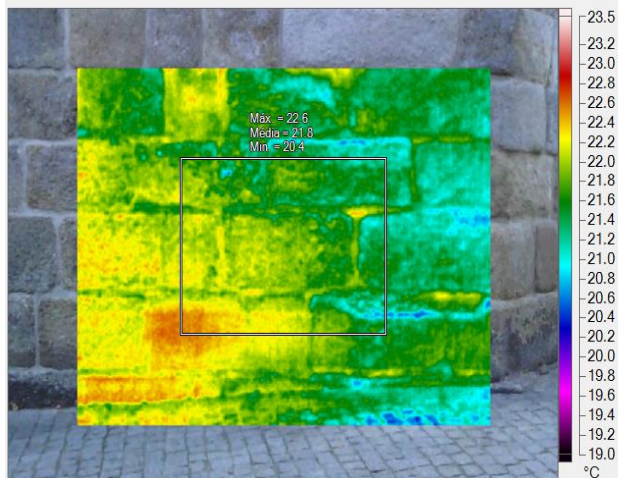


Figura 32: a) Termogramas da parede P2; b) Mapa de cores com os dados medidos com o humidímetro no ponto 2.

A fachada analisada no ponto 3 é de um edifício residencial e comercial e está orientada a sudeste, recebendo mais radiação durante a manhã. A câmara foi posicionada na calçada e ficou a 9 metros de distância da fachada, por isso, foi necessário incliná-la para fazer o registo da imagem. Os resultados mostrados na Figura 34 referem-se ao ponto P3 no dia 2 de abril de 2023.

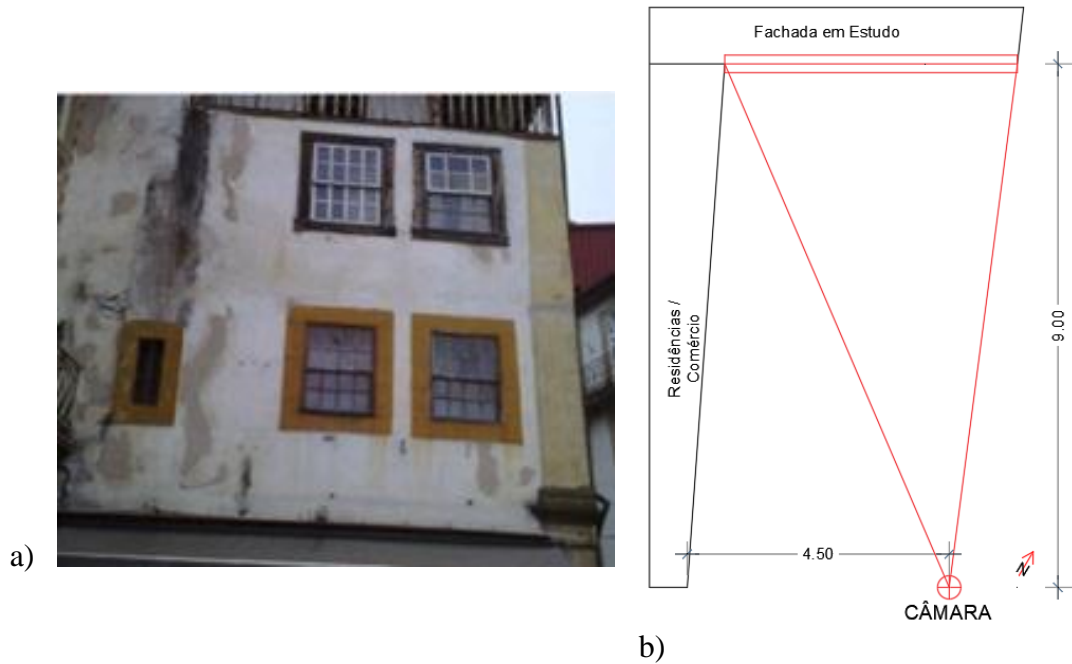


Figura 33: a) Região da parede P3 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.

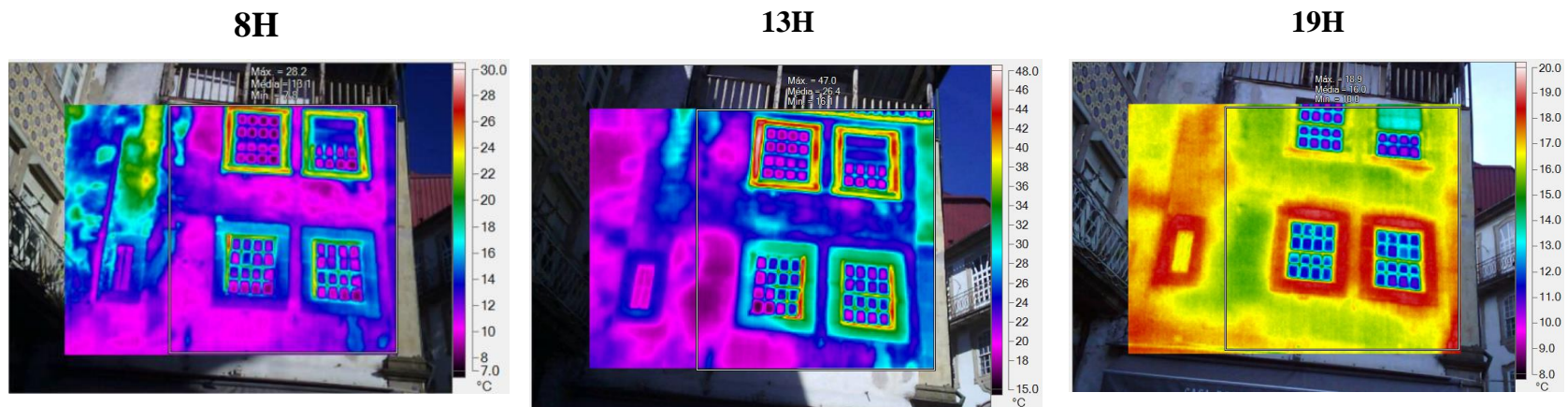


Figura 34: Termogramas na parede P3.

A temperatura máxima detetada pela câmara nesta fachada foi de 28,2°C e a mínima foi de 7,8°C (gradiente de 20,4°C). A temperatura mínima foi detetada no vidro de umas das janelas da fachada, e não na alvenaria. No início da tarde, a variação da temperatura foi de 30,0°C e isto se deve ao facto da radiação solar direta incidir nesta fachada por todo o período da manhã. Já no início da noite, houve uma queda significativa da temperatura, sendo a máxima 18,9°C e a mínima 9,9°C (gradiente de 9°C). As regiões mais quentes desta fachada é moldura da janela, devido à sua cor mais escura, que observa mais radiação solar

As leituras do ponto 4.1 foram feitas no dia 14 de abril. A fachada analisada está direcionada para o oeste e recebe pouca radiação solar durante o dia, pois existe uma edificação que fica a poucos metros desta fachada. A câmara foi posicionada a 4,6 metros de distância da fachada. Notou-se que a região do soco estava com sujidade e com colonização biológica. Para o registo com o humidímetro, foi estabelecida uma malha retangular 0,28x0,35m² na parede. Em cada zona dessa malha, realizaram-se três leituras utilizando o humidímetro, conforme ilustrado na Figura 35.

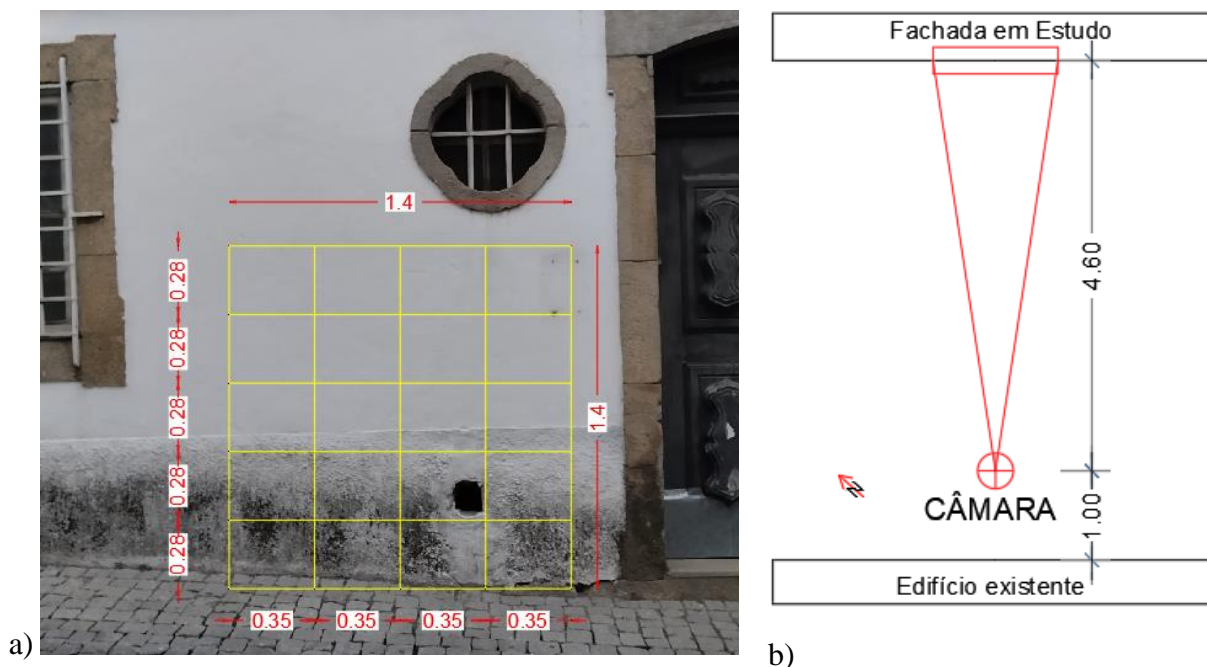


Figura 35: a) Região da parede P4.1 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.

O tripé foi posicionado a uma distância de 4,6 metros da parede. As imagens da térmicas da Figura 36 foram captadas às 8:00h, às 13:00h e às 19:00h. Pela manhã, foi detetado um gradiente de temperatura de 2,4°C. No período da tarde houve um aumento das temperaturas em toda a parede com um gradiente de 2,7°C. No início da noite, as temperaturas não mudaram muito em comparação com a temperatura do início da tarde sendo a máxima de 17,3°C e a mínima de 14,8°C (gradiente de 2,5°C). Esta parede está numa zona de pouca circulação de veículos e não há incidência solar direta nela.

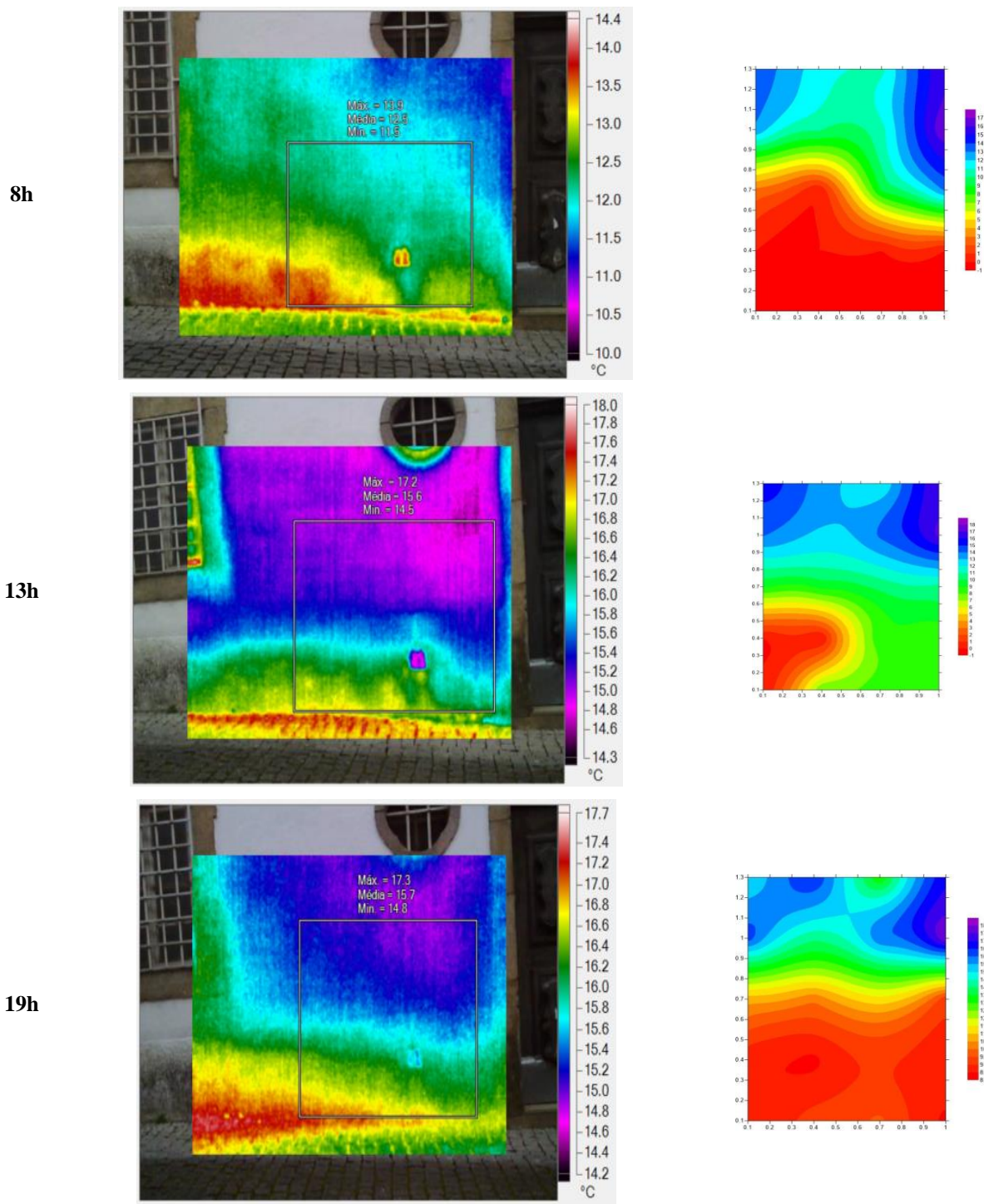


Figura 36: a) Termogramas da parede P4.1; b) Mapa de cores com os dados medidos com o humidímetro no ponto 4.1.

Para o registo com o humidímetro, criou-se uma malha quadrangular de pontos na parede 5 e, em cada um, foram feitas 3 leituras com o humidímetro, como mostra a Figura 37. As leituras revelaram que a zona mais baixa da parede estava com pouca ou nenhuma humidade.

A fachada analisada da Capela de Nossa Senhora dos Remédios está direccionada para o sul, portanto, recebe incidência solar durante todo o ano. A região da parede analisada contorna a janela.

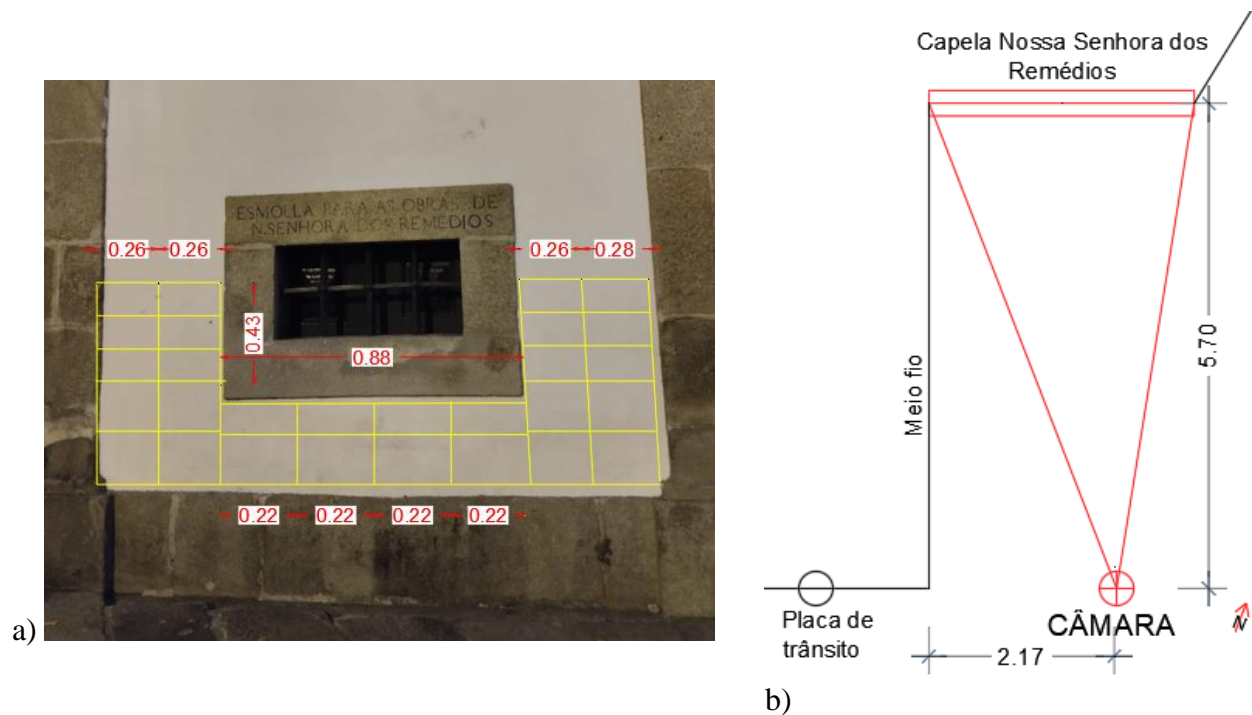


Figura 37: a) Região da parede P5 onde foi realizado o ensaio com a câmara termográfica e com o humidímetro; b) Representação da distância entre a câmara e a parede analisada.

Os resultados mostrados na Figura 38 referem-se ao ponto P5 no dia 14 de abril de 2023.

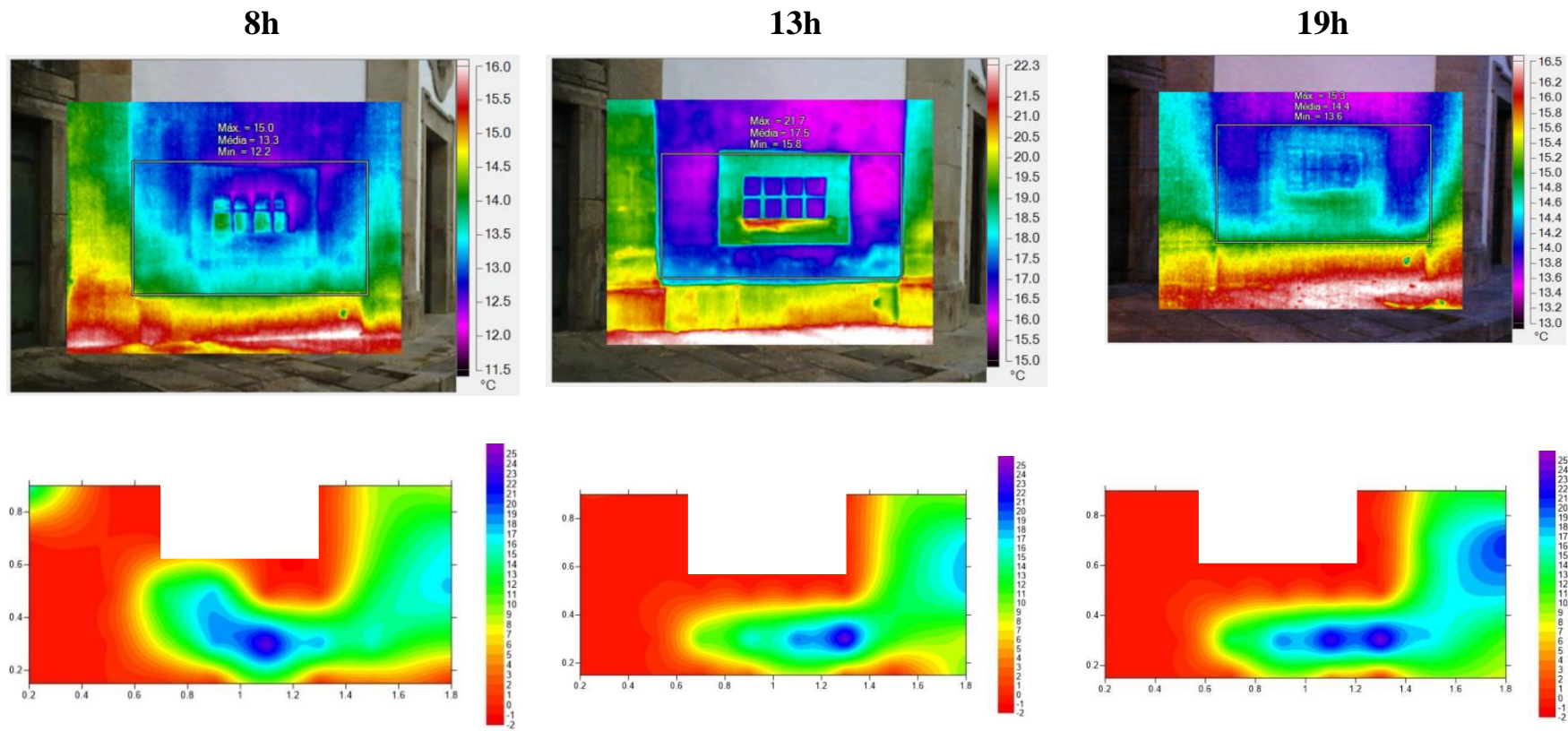


Figura 38: Termogramas na parede P5; b) Mapa de cores com os dados medidos com o humidímetro no ponto 5.

No início da manhã, esta parede apresentou 12,2°C de temperatura mínima e máxima de 15°C. Às 13:00 houve um aumento da temperatura máxima para 21,7°C no peitoril da janela do lado direito e a temperatura mínima foi de 15,8°C (gradiente de 5,9°C). Às 19:00 a variação de temperatura ficou próxima a variação encontrada no período da manhã do mesmo dia. É possível perceber pelas imagens termográficas a diferença do material construtivo utilizado nesta fachada.

A região com mais humidade está do lado direito abaixo da janela. Ao entrar na capela, notou-se a existência de um recipiente feito em pedra encostado à parede da fachada analisada e que é utilizado para colocar água (Figura 39), que pode estar relacionado com a presença de humidade no exterior da Capela.



Figura 39: Recipiente de água benzida localizado dentro da Capela Nossa Senhora dos Remédios

4.2 Inspeção Visual

As inspeções aos edifícios são instrumentos fundamentais pois permitem perceber o estado de conservação dos materiais e os sistemas construtivos, apoiar ao diagnóstico de patologias e danos e são também um meio de apoio à tomada de decisão para intervenções adequadas. Neste trabalho foi feita uma inspeção visual de um quarteirão no centro histórico de Viseu (Figura 40).

A inspeção foi feita no dia 1 de junho de 2023 e teve como objetivo fazer um levantamento das patologias nas fachadas. Foram feitos registos fotográficos de todas as edificações do mesmo quarteirão. Todos os registos fotográficos estão apresentados no ANEXO B. Não foi feito um levantamento no telhado e no interior dos edifícios. De um modo geral, as fachadas dos edifícios analisados estão em bom estado de conservação, embora fosse possível identificar algumas zonas mais críticas. Neste sentido, para a discussão mais detalhada, foram seleccionados quatro exemplos (PT1 a PT4).

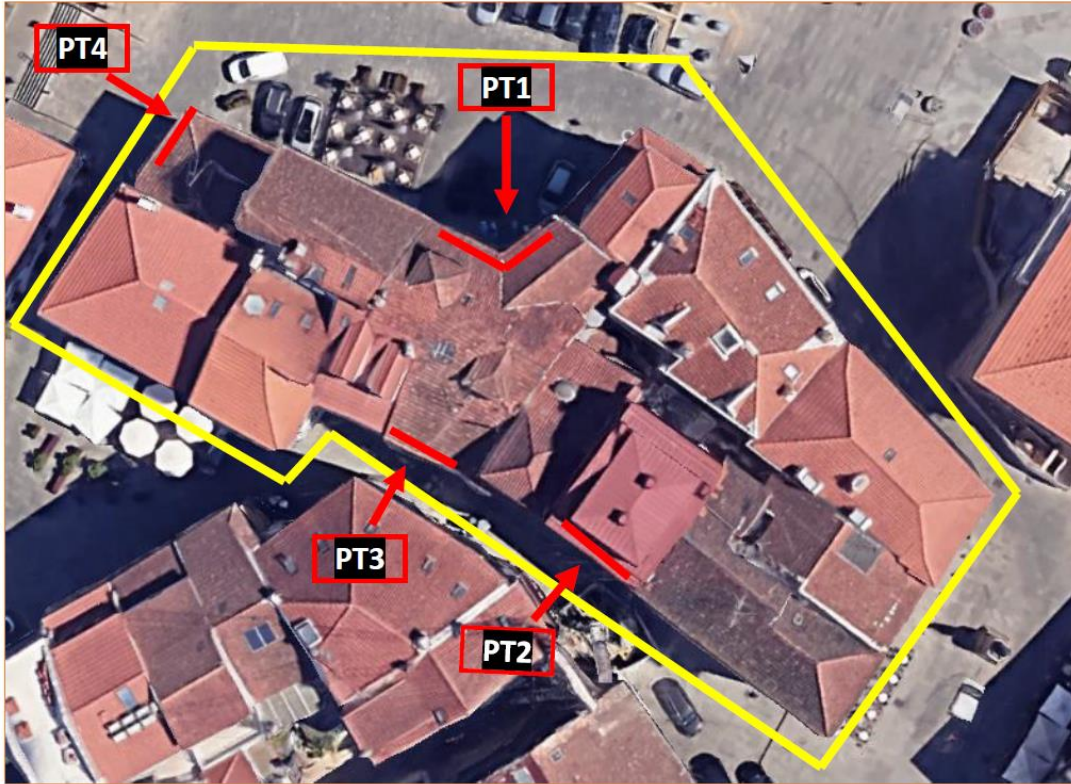


Figura 40: Localização das patologias encontradas em grau mais severo de deterioração (GOOGLE EARTH, 2023)

4.2.1 Análise do ponto PT1

A fachada mais degradada de todo o quarteirão corresponde ao PT1 onde foram identificadas as seguintes patologias:

- Sujidade nas paredes, na varanda e nos acabamentos em pedra (A01);
- Telhas deformadas e danificadas no beirado do telhado, o que pode causar infiltrações e escorrências (A02);
- Ausência de calceira (A03);
- Madeira do forro em estado de degradação (A04);
- Degradação da pintura dos caixilhos de madeira das janelas (A05);
- Degradação da pintura da parede (A06);
- Degradação pintura da porta de madeira (A07);
- Manifestação generalizada de manchas de humidade e colonização biológica na fachada em geral (A08).

A Figura 41 mostra a fachada do edifício com a indicação esquemática das patologias observáveis na fotografia.

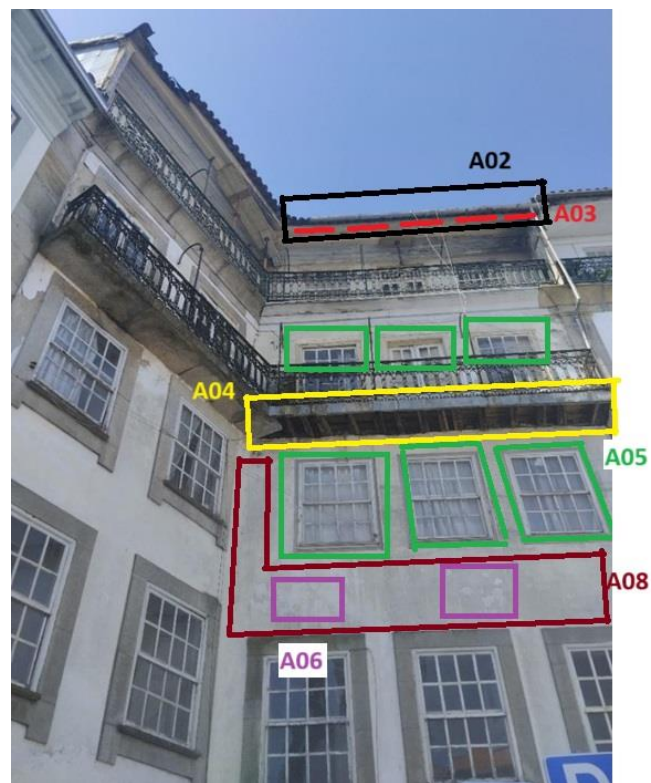


Figura 41: Fachada do edifício PT1 com indicação das anomalias

4.2.2 Análise do ponto PT2

No ponto PT2, a principal patologia encontrada foi a sujidade. Com o passar dos anos, e sem uma manutenção periódica dos materiais, as características e o desempenho não são mantidos e podem ser perdidas em sua totalidade. A Figura 42 ilustra uma sujidade (A01) na região do soco com manchas escuras e colonização biológica resultantes das intempéries. A sujidade é um mecanismo de degradação devido à ausência de limpeza corrente, à poluição atmosférica, ocorrendo sobretudo em acabamentos rugosos. A mesma figura mostra também a degradação da pintura da porta de entrada (A02), em madeira, do edifício provavelmente causada pela ação da água da chuva.

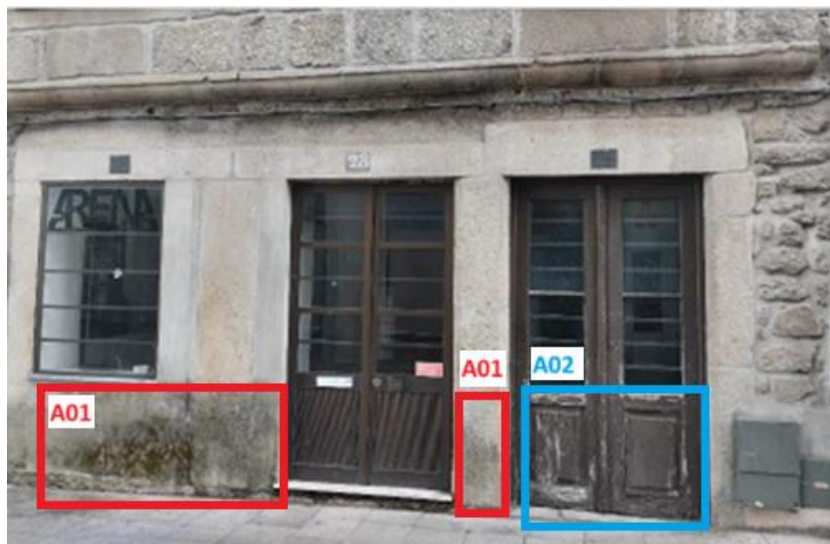


Figura 42: Fachada do edifício PT2 com indicação das anomalias

4.2.3 Análise do ponto PT3

Já no ponto indicado por PT3, a patologia identificada também é a presença de sujidade, mas na varanda do edifício. Foi possível identificar também a presença de manchas escuras e colonização biológica. Isso pode ter acontecido pela ausência de pingadeira. Ela serve para evitar que a água da chuva escorra por paredes, peitoris de janelas e muros, atuando como proteção contra infiltrações e suas consequências.



Figura 43: Fachada do edifício PT3 com indicação das anomalias

4.2.4 Análise do ponto PT4

A última fachada analisada no quarteirão, está indicada pelo ponto PT4. Foi possível observar que a estrutura do telhado é de madeira e que o forro está em estado de degradação (A01) causada pela infiltração da água da chuva, que pode causar infiltração no interior do edifício, o que poderia ser evitado com uma manutenção e reparação periódicas. A caldeira, que é responsável por recolher as águas pluviais do telhado está degradada (A02), está em estado de corrosão e desencaixada em uma região, comprometendo, assim, os requisitos de desempenho desse sistema. Há sujidade em grande parte da parede (A03).

Além disso, insetos e outros animais podem entrar no forro e acelerar a degradação existente.



Figura 44: Fachada do edifício PT4 com indicação das anomalias

5 CONCLUSÕES

O papel da engenharia para a preservação do património arquitetónico é fundamental, contribuindo para que as características e valores do edificado perdure ao longo dos anos. A deterioração natural dos edifícios, associada à ação do tempo e de fatores ambientais, exige recorrer a técnicas para a sua manutenção e conservação. A inspeção visual é, talvez, a primeira etapa para a avaliação das condições atuais do edificado.

A inspeção visual realizada nas fachadas de um quarteirão do centro histórico de Viseu constatou que a maioria das fachadas analisadas estão em bom estado de conservação. Foi perceptível que a maioria foi intervencionada há pouco tempo. Possivelmente, a fachada que se identificou como a mais degradada não passou por um processo de manutenção ao longo dos anos. Adicionalmente, esta fachada está orientada a norte, o que implica que, durante o ano, recebe pouca ou nenhuma radiação solar direta. Neste caso, torna-se ainda mais importante a manutenção periódica do edifício, já que as condições ambientais exteriores têm um grau de importância muito elevado para o surgimento de patologias.

Por outro lado, a termografia de infravermelhos apresenta-se como uma ferramenta fundamental dentro dos ensaios não destrutivos. A capacidade de identificar anomalias ocultas nas estruturas, como infiltrações, falhas nos materiais ou variações térmicas, sem a necessidade de intervenções invasivas, torna esta técnica muito relevante para os estudos de diagnósticos nas edificações. A termografia possibilita ações de intervenções mais eficientes, prolongando a vida útil dos edifícios, minimizando os riscos de danos maiores.

Os ensaios realizados com a câmara termográfica e com o humidímetro de contacto, mostraram que é possível ter uma visão global e abrangente que apoie uma inspeção preliminar das condições das fachadas dos edifícios. A presença de colonização biológica nas alvenarias de pedra da parede da Sé de Viseu e do Museu Grão Vasco, ficou em evidência nas imagens termográfica. É possível notar que nos locais com manifestações biológicas, a temperatura superficial da alvenaria é maior quando comparada com a zona corrente não danificada. A rugosidade da pedra e a radiação solar são fatores que estão diretamente ligados ao aumento de temperatura e à deposição de sujidade. Nestes dois casos, as imagens termográficas do período do início da tarde deixaram mais em evidência a patologia. A humidade não variou muito e foi influenciada pela incidência solar direta ou indireta, como no caso da parede da Sé de Viseu.

A parede 3 apresentou uma grande variação de temperatura devido à incidência solar direta ao longo de todo o período da manhã. Ficou ainda evidente que a fachada é constituída por materiais construtivos diferentes e foi possível notar que existem fissuras e um destacamento na pintura.

Na parede 4.1 a região inferior da parede está com sujidade e com presença de colonização biológica. Este facto ficou evidente na imagem termográfica, observando-se nesta zona uma temperatura mais alta. Esta parede não recebe diretamente radiação solar, o que explica a reduzida variação de temperatura nas diferentes leituras realizadas.

No parapeito de pedra da janela da Capela, foi possível visualizar a existência de colonização biológica na zona onde a temperatura foi maior. Na restante área da parede não foi detetada nenhuma patologia visível a olho nu, mas através das imagens termográficas, foi possível constatar que uma zona da parede estava com teor de humidade alto, ou seja, a temperatura na imagem térmica era mais baixa indicando a presença de humidade, provavelmente associada a um recipiente de água para benzimento que ali se encontra. Foi efetuada uma avaliação expedita de percussão nesta zona e o som produzido foi oco, o que aponta para a existência de descolamento do revestimento e uma possível infiltração na parede interna que se manifesta na parede externa.

A inspeção visual e o uso de técnicas não destrutivas, como a termografia de infravermelhos e a análise da humidade com o humidímetro de contacto, mostraram-se eficazes na identificação de anomalias visíveis ou ocultas de forma rápida e prática. Além disso, foi possível identificar alguns detalhes construtivos, auxiliando na definição de ações de manutenção e medidas de conservação na edificação. É importante que as técnicas não destrutivas continuem em constante evolução, acompanhando o avanço dos métodos e processos construtivos na engenharia.

Por outro lado, foi percebido que houve um descompasso entre a resolução dos ensaios termográficos em relação aos que se utilizou o humidímetro. Enquanto a câmara termográfica detetava 1000 pontos por leitura por zona, no ensaio com o humidímetro detetou-se 20 pontos por leitura por zona. Em decorrência disto, as imagens deste trabalho ao relacionar a mesma zona nas duas leituras, oferecem dados que poderiam ter mais correlação caso houvesse uma expansão dos pontos lidos pelo humidímetro (exemplo, amostrando 1000 pontos ao invés dos 20 coletados).

Por fim, o trabalho identificou uma anomalia grade na Capela. Isso demonstra o quão é importante tais observações são em nosso cotidiano e o quão impactante elas podem ser do ponto

de vista económico, instruindo a manutenção adequada para cada patologia, assim reduzindo ações mais gravosas ou caras e do ponto de vista histórico, ajudando a preservar e manter o património histórico sem danificá-lo.

5.1 Desenvolvimentos Futuros

O trabalho desenvolvido nesta dissertação não esgota o tema em análise, pelo que, propõem-se as seguintes atividades futuras:

- Realizar um estudo idêntico, mas em diferentes épocas do ano, avaliando o impacto nos resultados obtidos;
- Proceder a estudo mais detalhado das patologias encontradas nas fachadas do quarteirão em estudo, incluindo um diagnóstico e proposta de medidas corretivas;
- Alargar o âmbito territorial do estudo, analisando mais fachadas do centro histórico de Viseu para obter uma amostra maior contribuindo assim para uma caracterização e uma visão global do edificado desta zona;
- Utilizar os resultados obtidos para propor e discutir estratégias de intervenções quer ao nível dos edifícios em estudo, quer globais na zona histórica de Viseu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Oliveira, Wesley; ZANGUINI, Priscila. MOREIRA, Luane; PAVON, Elier. “Influência do Tipo de Revestimento na Avaliação de Umidade Ascensional com Termografia de Infravermelho” revista de ciência e tecnologia”.2022. DOI: [10.18227/2447-7028rct.v8i07259](https://doi.org/10.18227/2447-7028rct.v8i07259)
- [2] MARESCO, Joana; BORDIN, F.; VERONEZ, M. R.; KULAKOWSKI, M. P. “Termografia Infravermelha na detecção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado”. São Leopoldo – RS. 2015.11º Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas.
- [3] RORCHA, Aline; MELLO, Tiago; BREMER Cynara; MELLO Glauca. "Termografia como instrumento de identificação de manifestações patológicas em igrejas históricas". Salvador-BA. 2019. 3º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira.
- [4] CUNHA, Joana Isabel Figueiredo da. **Caracterização do património edificado do centro histórico de Viseu**. 2016. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2016.
- [5] PAVÃO, Ricardo Costa. **Catálogo de técnicas de diagnóstico em edifícios antigos**. 2016. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Técnico de Lisboa, Lisboa, 2016.
- [6] LEITÃO, Luís Augusto. **Curso Elementar de Construção**. Escola Central da Arma de Engenharia, Estado-Maior do Exército. Lisboa, 1942.
- [7] SEGURADO, J. Santos. **Alvenaria e Cantaria**. Biblioteca de Instrução Profissional. Lisboa, 1908.
- [8] PINHO, Fernando F. S.. **Paredes de Edifícios Antigos em Portugal**. 2. ed. Lisboa: LNEC, 2008. 376 p.
- [9] APPLETON, J. **Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e Tecnologias de Intervenção**. (2003). 1.ª Edição. Amadora: Edições Orion. ISBN 972-8620-03-9.
- [10] FERREIRA, Joana Alexandra de Almeida. **Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios**. 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [11] VEIGA, MARIA; AGUIAR, J.; SILVA, A.; CARVALHO, F.. **Conservação e Renovação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos**. Lisboa, LNEC, 2004.
- [12] MOREIRA, João Santos Vilela. **Reabilitação de Fachadas de Edifícios Antigos do Porto**. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2016.
- [13] AGUIAR, José [et al]. **Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais - Volume II**. Lisboa: LNEC, 2005.

- [14] FREITAS, Vasco Peixoto de. **Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos**. Porto: Ordem dos Engenheiros da Região Norte, 2012. 300 p.
- [14] CÓIAS, V. (2009). **Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios**. Lisboa: IST - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2016.
- [15] MENDONÇA, Mônica Nicolau de Castro. **Caracterização in situ dos elementos estruturais em madeira de um edifício situado no centro histórico de Viseu**. 2023. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2023.
- [16] GIOCOECHEA, M.; MONJÍN, V. **Intervención en Patología de la Edificación— Actuaciones en un diagnóstico**. (2006). Informes. em PATORREB 2006 - 2.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Volume II. Porto: FEUP Edições, pp. 637–646.
- [17] CARAMALHO, Alberto. **25 anos em Termografia**. Lisboa: Copyright, 2012. 471 p.
- [18] GARCIA, João Ricardo Rodrigues. **Potencialidades da Termografia para o Diagnóstico de Patologias em Edifícios**. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, 2014.
- [19] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Ótica e Física Moderna**. 10º LTC ed. [s.l.: s.n.]. v. 4
- [20] YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física II: Termodinâmica e Ondas**.; 12. ed. – São Paulo Addison Wesley, (2008).
- [21] http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=248&Itemid=422#2. Acesso em Fevereiro/2023.
- [22] WILSON, Edgar. **Modelling and Applications of Infrared Thermography**. New York: Ny Research Press, 2015. 250 p.
- [23] Revista técnico-científica Robótica automação, controlo e instrumentação. 2005 n°61 4º trimestre Artigo pag.40-43. Pedro Rabelo M.R.A Instrumentação.
- [24] SANTOS, Laerte. **TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA em Subestações de Alta Tensão Desabrigadas**. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.
- [25] BAUER, E.; PAVON, E. Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios. **Concreto & Construção**, v. 79, n. September, p. 93–98, 2015.
- [26] BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação termografia ao estudo do Comportamento Higrotérmico dos Edifícios**. [s.l.] Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [27] INCROPERA, F., DeWitt, D., Bergman, T., Lavine, A. **Fundamentals of heat and mass transfer** (6th edition). John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- [28] <http://www.cesarzen.com/FIS1056Lista3.pdf>. Acesso em: Fevereiro/2023
- BEARD, JEFF BEARD; Introduction to infrared Thermography, Posta do em 2007, http://web.utk.edu/~jbeard8/IT570/IntroIR_documentation, Acessado em 15/03/2018
- [29] <http://frioquente.blogspot.pt/2007/05/temperatura-e-o-calor.html>. Acesso em: setembro/2023

- [30] ANHAS, Francisca Vilas Lages. **EMISSIVIDADE DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO Métodos de determinação e influência da humidade**. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2018.
- [31] WOLFE, William L. **Handbook of Military Infrared Technology**. Michigan: The University Of Michigan, 1965. 928 p.
- [32] AVDELIDIS, N. P.; MOROPOULOU, A. Applications of infrared thermography for the investigation of historic structures. **Journal of Cultural Heritage**, v. 5, n. 1, p. 119–127, 2004. Greece: Elsevier Masson SAS. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.culher.2003.07.002>>. Acesso em: fevereiro de 2023
- [33] RODRIGUES, A.; PIEDADE, M., A. e BRAGA, A. **Transmissão de calor por radiação, Térmica de Edifícios**, 158-165, Editores Orion, Amadora, 2009.
- [34] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15424: Ensaios não destrutivos — Termografia infravermelha — Terminologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- [35] OLIVEIRA, Arthur Rodrigues Cândido de; GANANÇA, Douglas Luiz da Silva; SILVA, Fernando Chad; MORAIS, Gabriel Tonéra de; VERBURG, Theophilusjakobus Costa Fiuza. **Análise dos Gradientes de Energia Térmica com Auxílio da Termografia Durante o Ensaio de Tração**. 2018. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Santa Cecília, Santos, 2018.
- [36] GAUSSORGUES, G.; CHOMET, S.. **Infrared Thermography**. 2. ed. Alemanha: Springer, 2012. 508 p.
- [37] OCAÑA, S. M.; GUERRERO, I. C.; REQUENA, I. G. **Thermographic survey of two rural buildings in Spain**. **Energy and Buildings**, v. 36, n. 6, p. 515–523, jun. 2004.
- [38] SOARES, T. Cristina Rodrigues. **Termografia na avaliação do desempenho higrotérmico de edifícios - análises de sensibilidade**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2014.
- [39] BARREIRA, E., FREITAS, S., FREITAS, V., DELGADO, J. **Infrared thermography application in buildings diagnosis: a proposal for test procedures**. In **Industrial and Technological Applications of Transport in Porous Materials**, p. 91-117, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [40] MAGALHÃES, A. Cristina. **Patologia de rebocos antigos**. **Caderno de Edifícios**. 2. ed. Lisboa: LNEC, 2002. 15 p.
- [41] MAGALHÃES, A., VEIGA, M., COSTA, D. **Caracterização do Estado de Conservação de Revestimentos de Paredes Antigas Através de Ensaios “In Situ”**. **Dois Casos de Estudo**
- [42] RELATÓRIO de Diagnóstico de Anomalias Devidas as Humidades em Paredes Antigas. Lisboa: LNEC, 2008. 49 p.
- [43] FREITAS, V. P., GUIMARÃES A. S., DELGADO J. M. P. Q. (2011). **The “Humivent” Device for Rising Damp Treatment**. **Recent Patents on Engineering**, vol 5, pp.233–240.

- [44] HALL, C., HOFF, W. D. (2007). **Rising damp: capillary rise dynamics in walls**, *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*.
- [45] OLIVEIRA, L. M. G., FREIRE, F. L. O., RIBEIRO, F. R. C., SOUSA, I. N. L., MESQUITA, E., BERTINI, A. A. (2022). **Investigation of the mortars and clay bricks of a luso-brazilian historic structure from XVIII century: The Nosso Senhor do Bonfim Church**. *Journal of Building Engineering*, 45,
- [46] MEHTA, P. K., MONTEIRO. P. (2014). **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON.
- [47] General Electric Company. *Protimer MMS Instruction Manual*. (2001)
- [48] Google Earth, 2023
- [49] <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/camaras-de-imagens-termicas/tis60plus>. Acesso em: Setembro de 2023.
- [50] Guião de Apoio Freeze Viseu – Um dia para conhecer e fazer um “instantâneo” do património edificado de Viseu. 2016. Município de Viseu.
- [51] BARREIRA, Eva; ALMEIDA, Ricardo; SIMÕES, Maria - Emissivity of Building Materials for Infrared Measurements. *Sensors* 2021, 21, 1961

ANEXOS



2.3 Caracterização Mensal

Janeiro

Janeiro classificou-se como quente em relação à temperatura do ar e normal em relação à precipitação.

O valor médio da temperatura média do ar foi 0.25 °C acima do valor médio 1981-2010.

O valor médio de temperatura máxima foi 0.67°C acima do valor normal e o valor médio de temperatura mínima foi muito próximo da média (+0.15 °C).

O valor médio da quantidade de precipitação, 104.1 mm, correspondendo a 99 % em relação à normal. Durante o mês ocorreram alguns dias períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes forte, em especial nas regiões do Norte e Centro do território.

Fevereiro

Fevereiro classificou-se normal em relação à temperatura do ar e extremamente seco em relação à precipitação.

O valor médio de temperatura média do ar foi muito próximo do valor normal 1981-2010 (-0.02 °C).

O valor médio de temperatura máxima do ar, foi o 12º mais alto desde 1931, com uma anomalia de +1.25 °C. O valor médio de temperatura mínima do ar foi 1.20°C inferior ao valor normal, sendo o 6º mais baixo desde 2000.

Foi o 4º fevereiro mais seco desde 1931. O valor médio da quantidade de precipitação correspondeu apenas a 14 % do valor normal 1981-2010.

Março

Março classificou-se quente e seco.

O valor médio da temperatura média do ar foi 0.70°C acima do valor médio 1981-2010, sendo o 12º mais alto desde 1931.

O valor médio de temperatura máxima do ar foi 1.27 °C superior à normal, sendo o 11º mais alto desde 1931; o valor médio de temperatura mínima do ar foi 0.13 °C inferior ao valor normal.

O valor médio da quantidade de precipitação foi inferior ao valor normal 1981-2010, correspondendo a 75%. Durante o mês ocorreram valores de precipitação significativos na primeira quinzena do mês na região Litoral Norte e Centro.

Abril

Abril classificou-se como muito quente e extremamente seco.

Foi o 4º abril mais quente desde 1931. O valor médio da temperatura média do ar foi 3.00°C superior ao normal 1981-2010.

O valor médio de temperatura máxima do ar foi o mais alto dos últimos 93 anos (anomalia: +5.06 °C). O valor médio de temperatura mínima foi 0.94 °C superior ao valor normal, sendo o 15º mais alto desde 1931 e o 6º desde 2000.

Foi o 3º abril mais seco desde 1931. O valor médio da quantidade de precipitação foi muito inferior ao valor normal (23 %).

Maio

Maio foi muito quente e muito seco.

Foi o 8º maio mais quente dos últimos 93 anos; o valor médio de temperatura média do ar foi 1.94 °C acima do valor normal 1981-2010.

O valor médio de temperatura máxima do ar foi o 10º mais alto desde 1931 (anomalia de +2.92°C) e o valor médio de temperatura mínima foi o 7º mais alto desde 1931, com anomalia de +0.98 °C.

O valor médio da quantidade de precipitação foi inferior ao valor médio, correspondendo a 56 %. No final do mês ocorreram aguaceiros, por vezes fortes, de granizo e acompanhados de trovoadas, em especial na região interior Norte e Centro.

Junho

O mês classificou-se como muito quente e muito chuvoso.

Foi o 5º junho mais quente desde 1931. O valor médio da temperatura média do ar foi 1.68°C superior ao valor normal 1981-2010.

O valor médio de temperatura máxima do ar foi o 9º mais alto desde 1931 (anomalia de + 1.68 °C) e o valor médio de temperatura mínima foi o 3º mais alto desde 1931, com anomalia de + 1.66°C.

Foi o 3º junho mais chuvoso desde 2000. O valor médio da quantidade de precipitação foi superior ao valor normal, correspondendo a 149 %. Durante o mês destaca-se a primeira quinzena que esteve sob condições meteorológicas caracterizadas por instabilidade atmosférica.

Julho

Julho foi normal em relação à temperatura do ar e muito seco em relação à precipitação.

O valor médio da temperatura média do ar foi muito próximo do valor médio 1981-2010 (+ 0.01 °C).

O valor médio da temperatura máxima do ar foi + 0.48 °C acima do valor normal o valor médio da temperatura mínima do ar, foi -0.45 °C inferior à normal.

Foi o 5º julho mais seco desde 2000. O valor médio foi muito inferior ao normal e correspondeu apenas a 26 % do valor médio.

Agosto

O mês classificou-se como extremamente quente e seco.

Foi o 5º agosto mais quente desde 1931. O valor médio da temperatura média do ar foi 1.58 °C superior ao valor normal 1981-2010.

O valor médio da temperatura máxima do ar foi + 2.31 °C acima da média, sendo 5º mais alto desde 1931. O valor médio da temperatura mínima do ar, foi 9º valor mais alto desde 1931 e 3º mais alto desde 2000 (anomalia + 0.86°C). Neste mês os dias 22 e 23 de agosto foram, respetivamente, o 5º e 6º mais quentes dos últimos 15 anos em Portugal continental.

O total de precipitação em junho foi inferior ao valor médio, correspondendo a 26 %. Durante o mês não ocorreu precipitação em grande parte do território exceto na região do Minho.

Setembro

Setembro classificou-se como quente e chuvoso.

O valor médio da temperatura média do ar foi 0.12 °C superior ao valor normal 1981-2010.

O valor médio de temperatura mínima do ar foi superior ao valor normal (+ 0.18 °C), enquanto o valor médio de temperatura máxima do ar foi inferior (-0.14 °C).

Primavera (março, abril e maio)

A primavera meteorológica de 2023 foi caracterizada por temperaturas do ar na baixa troposfera (850 hPa) muito acima do normal, essencialmente na região Sul de Portugal e Espanha, bem como na região da Madeira e Marrocos (Figura 2.11 esq.). Estes valores de temperatura foram favorecidos por uma circulação com componente de sudoeste e pela permanência de anomalias elevadas de geopotencial (aos 500 hPa) na região oeste da Península Ibérica. Na Figura 2.11 (dir.) é possível também verificar as anomalias de pressão atmosférica ao nível médio do mar muito elevadas e associadas a níveis de precipitação muito baixos para a época.

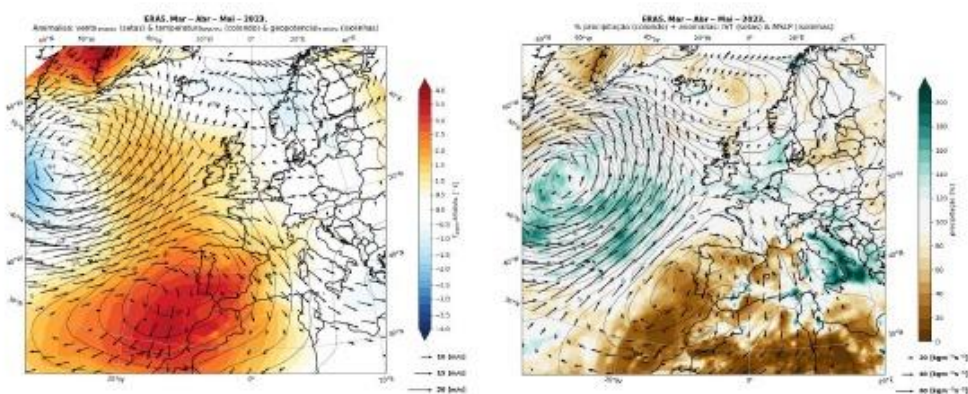


Figura 2.10. Carta relativa às anomalias (81-10) sobre a região Euro-Atlântica, dos seguintes campos: vento médio (850hPa), temperatura média do ar (850hPa) e geopotencial médio (500hPa) (esq.); pressão média ao nível médio do mar, IVT e precipitação (dir.) na primavera de 2023

A primavera classificou-se como extremamente quente e extremamente seca.

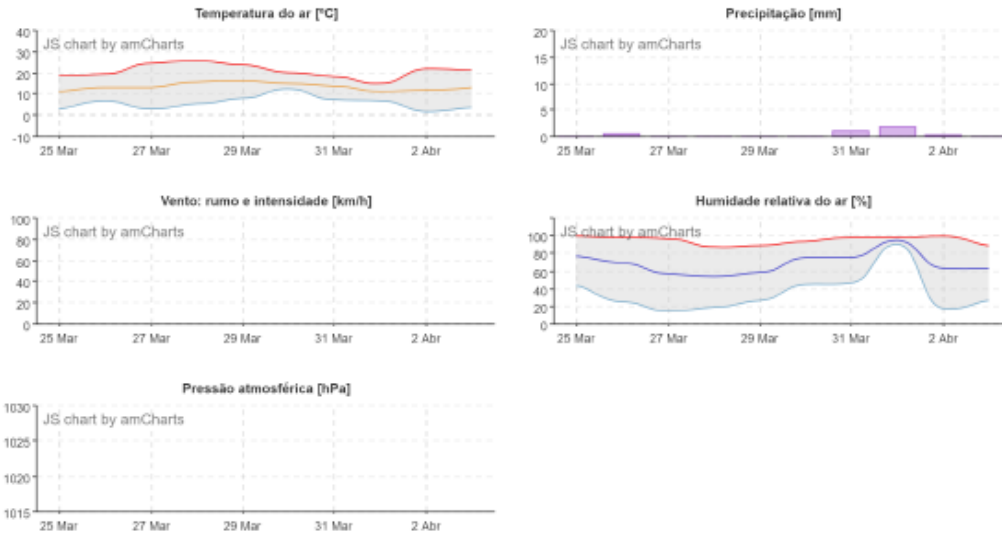
Foi a 2ª primavera mais quente desde 1931, apenas 1997 teve um valor superior; registou-se uma anomalia de +1.88 °C em relação ao valor médio 1981-2010.

O valor médio da temperatura máxima do ar foi o 2º mais alto desde 1931, sendo + 3.09 °C acima do valor normal; o valor médio da temperatura mínima do ar também foi superior ao valor normal (+0.68 °C), sendo o 7º mais alto desde 1931.

Foi a 3ª primavera mais seca desde 1931, o total da quantidade de precipitação ocorrida, 99.9 mm, corresponde apenas a 49 % do valor médio. Durante a primavera, todos os meses registaram valores de precipitação inferiores ao valor normal.

Representação gráfica dos parâmetros observados para os últimos 10 dias na estação

Viseu (Cidade)



Legenda:

- Temperatura do ar [°C]
- || Média - Média diária registada a 1.5 metros de altura.
- || Máxima - Máxima diária registada a 1.5 metros de altura.
- || Mínima - Mínima diária registada a 1.5 metros de altura.
- ||
- Precipitação [mm]
- || Acumulado diário registado a 1.5 metros de altura.
- ||
- Vento: rumo e intensidade [km/h]
- || Rumo - Rumo do vento predominante.
- || Média - Média diária registada a 6 metros de altura.
- || Máxima - Máxima (rajada) diária registada a 6 metros de altura.
- ||
- Humidade relativa do ar [%]
- || Média - Média diária registada a 1.5 metros de altura.
- || Máxima - Máxima diária registada a 1.5 metros de altura.
- || Mínima - Mínima diária registada a 1.5 metros de altura.
- ||
- Pressão atmosférica [hPa]
- || Média diária da pressão atmosférica NMM registada a 1.5 metros de altura.
- ||

Nota: Os dados passíveis de serem visualizados destinam-se a informação pública não devendo por isso ser utilizados para outros fins, visto não terem sido sujeitos ao processamento e validação definitiva.

ANEXOS B

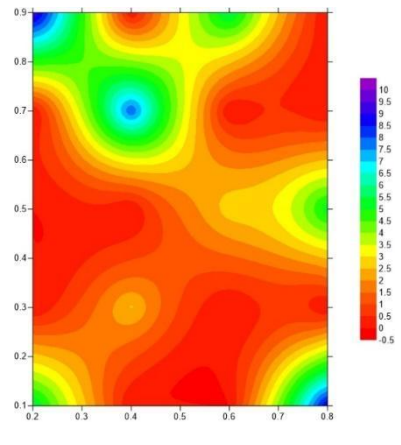
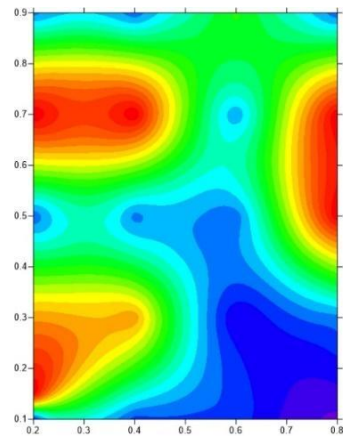
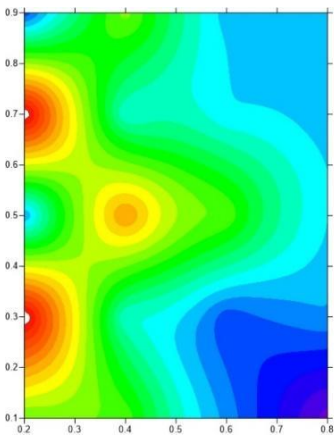
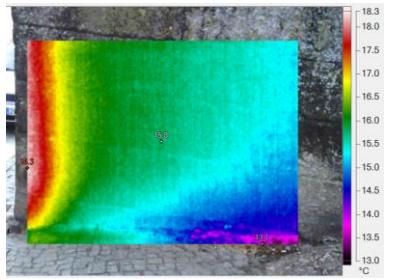
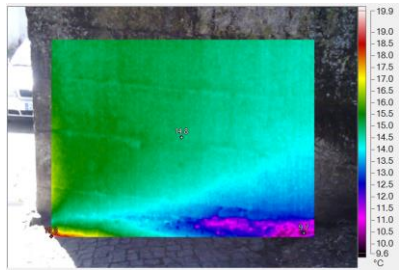
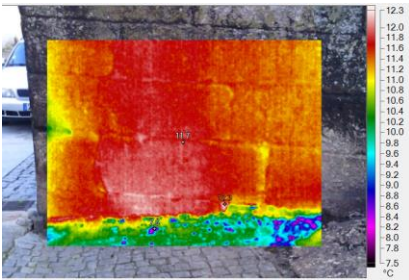
PONTO 1 – Data do ensaio: 02/04/2023



8h

13h

19h

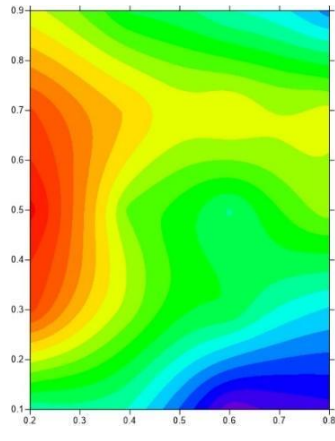
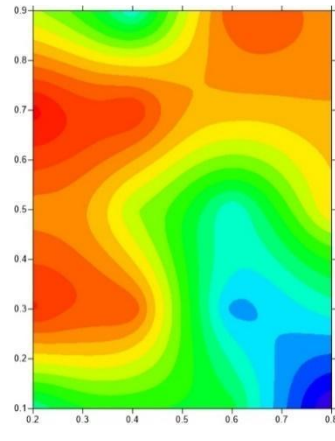
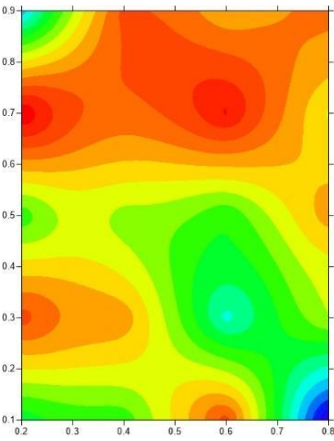
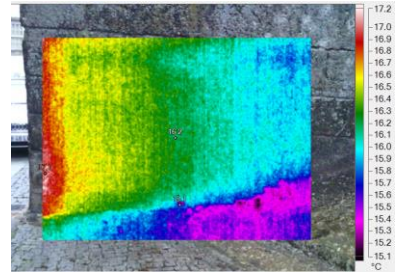
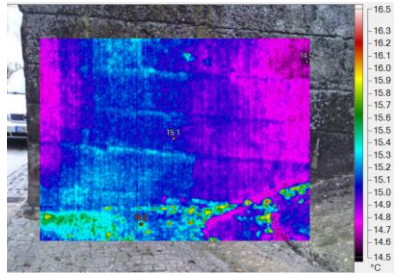
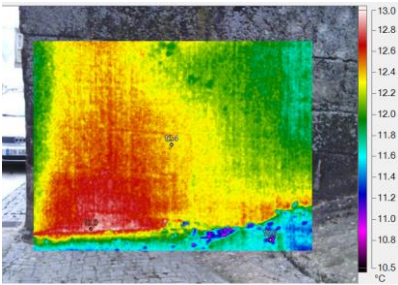


PONTO 1 – Data do ensaio: 14/04/2023

8h

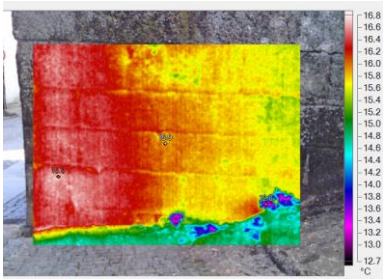
13h

19h

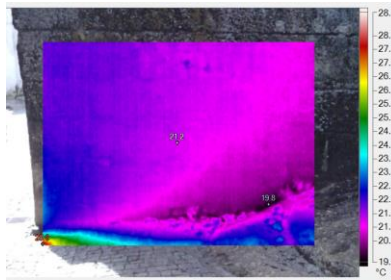


PONTO 1 – Data do ensaio: 10/05/2023

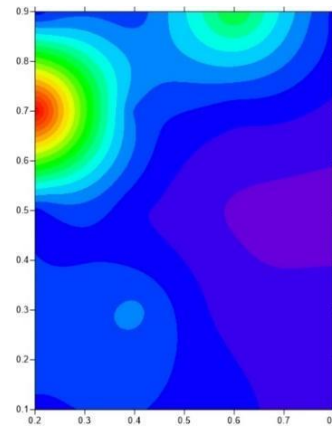
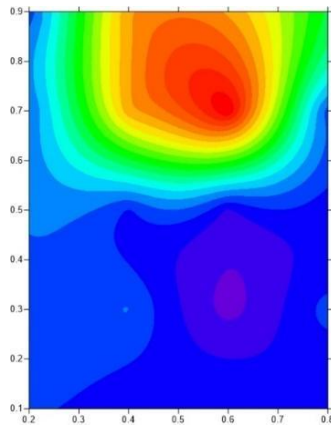
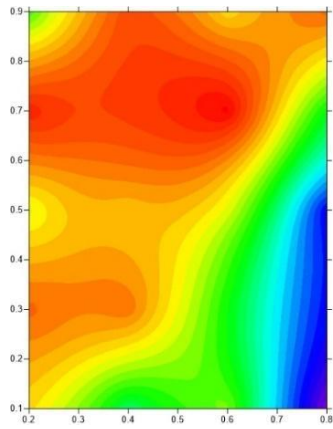
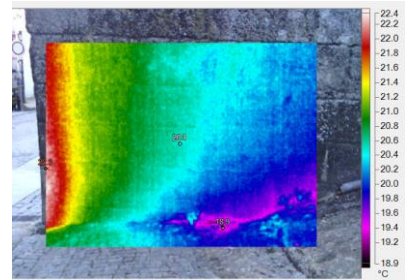
8h



13h



19h



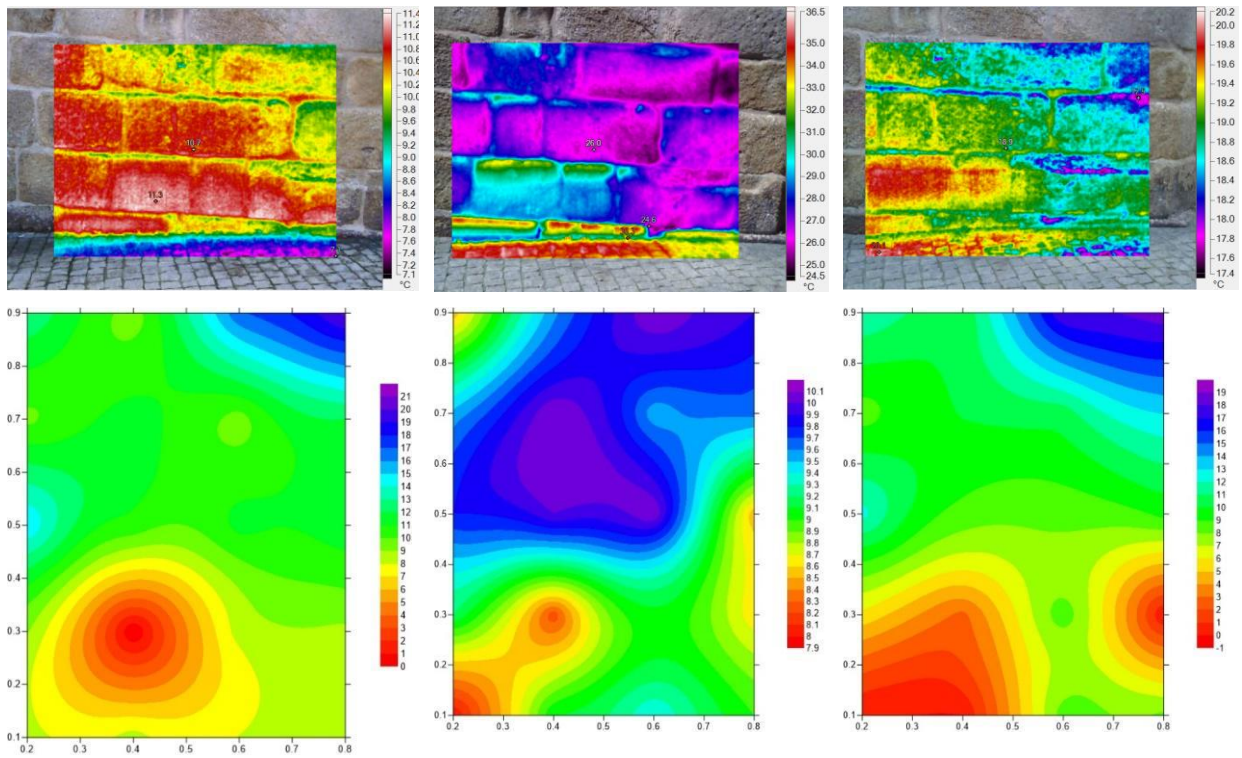
PONTO 2 – Data do ensaio: 02/04/2023



8h

13h

19h

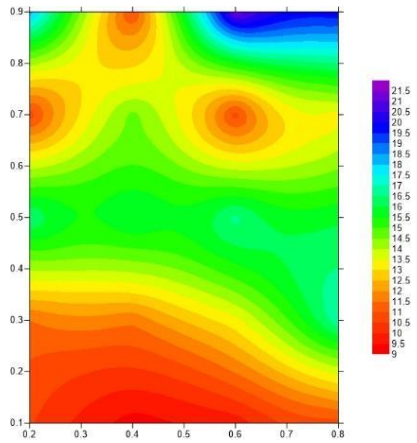
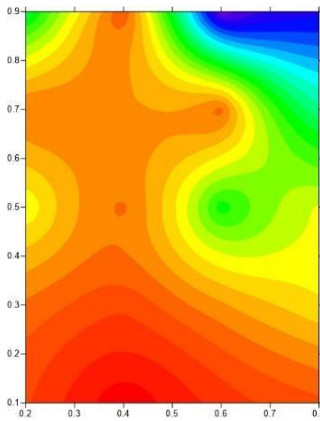
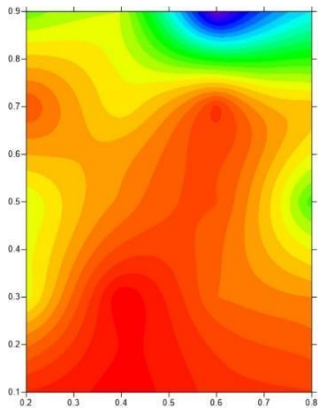
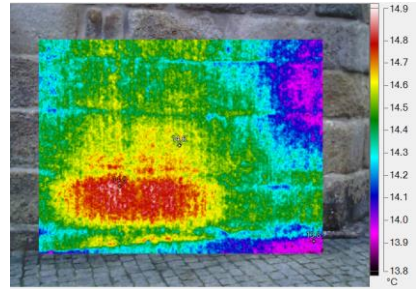
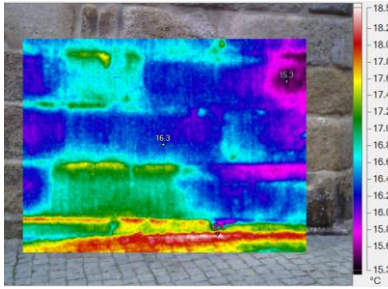
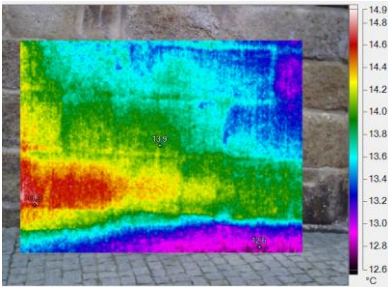


PONTO 2 – Data do ensaio: 14/04/2023

8h

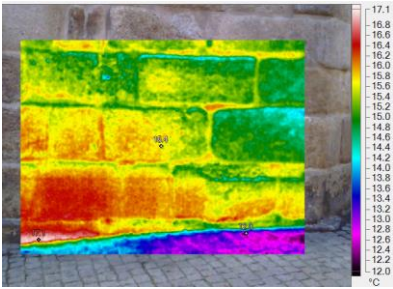
13h

19h

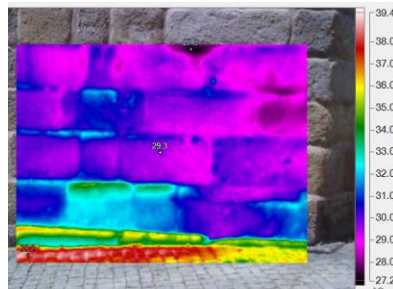


PONTO 2 – Data do ensaio: 10/05/2023

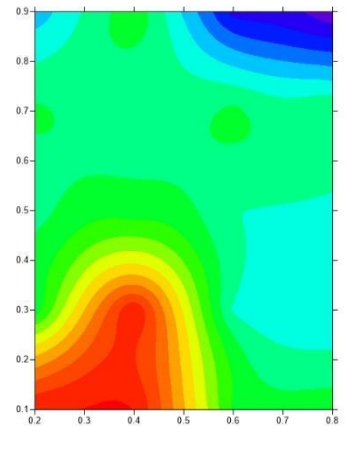
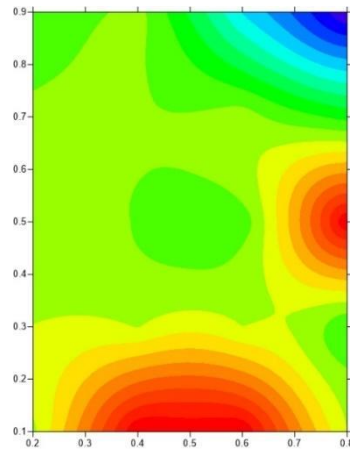
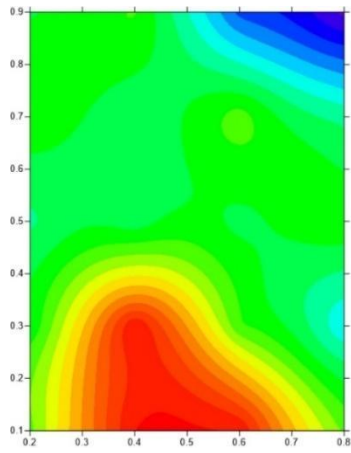
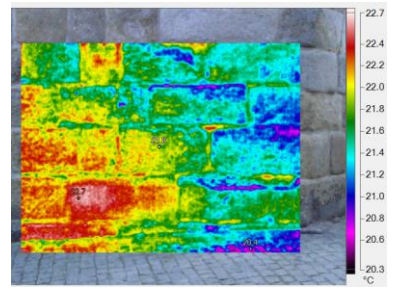
8h



13h



19h



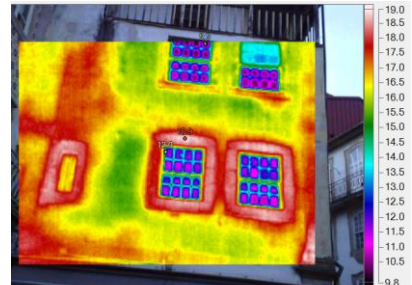
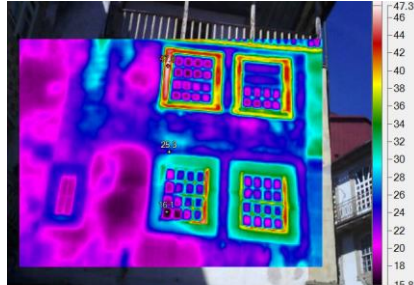
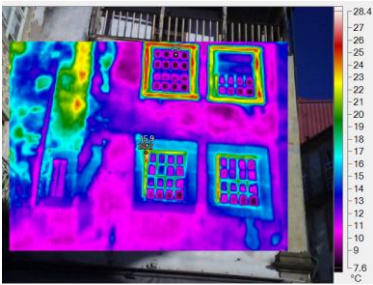
PONTO 3 – Data do ensaio: 02/04/2023



8h

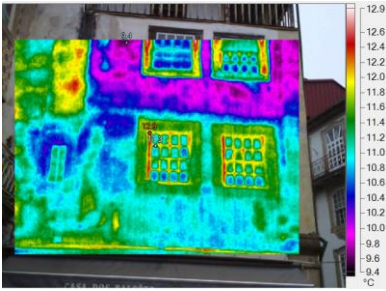
13h

19h

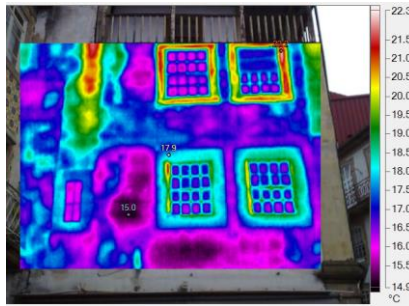


PONTO 3 – Data do ensaio: 14/04/2023

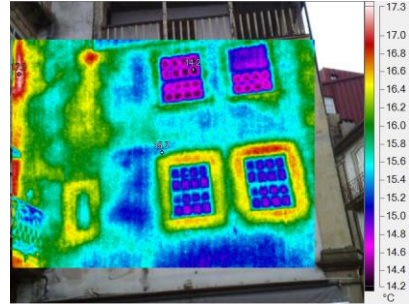
8h



13h

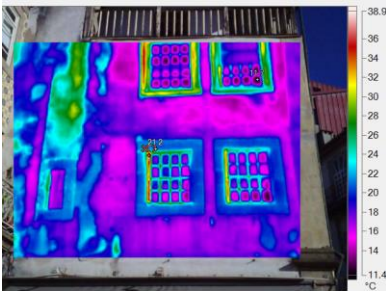


19h

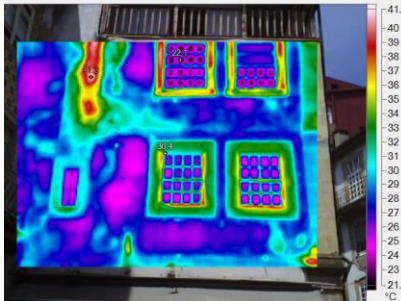


PONTO 3 – Data do ensaio: 10/05/2023

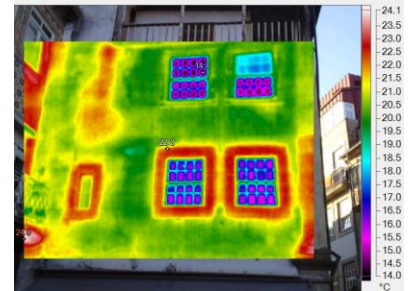
8h



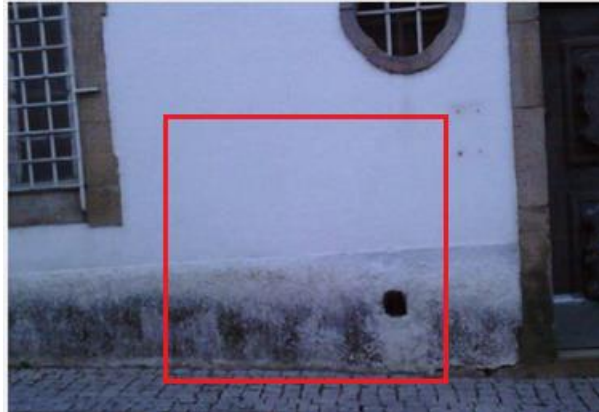
13h



19h



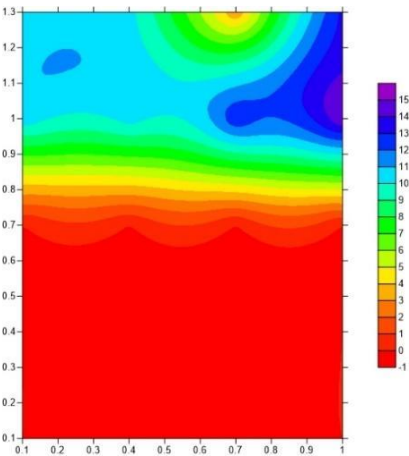
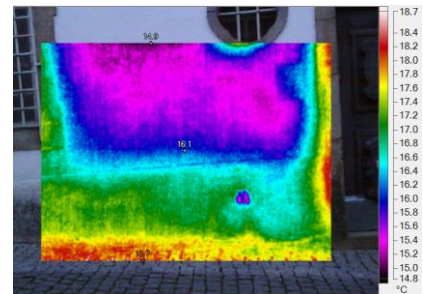
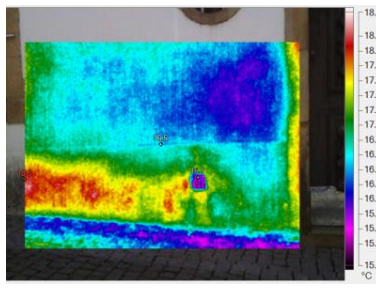
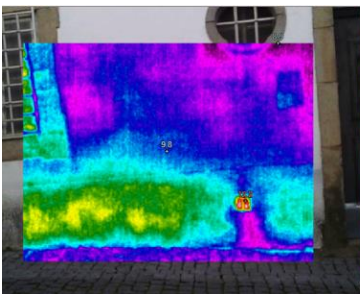
PONTO 4.1– Data do ensaio: 02/04/2023



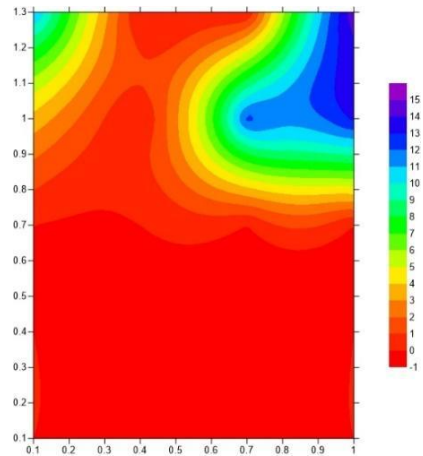
8h

13h

19h

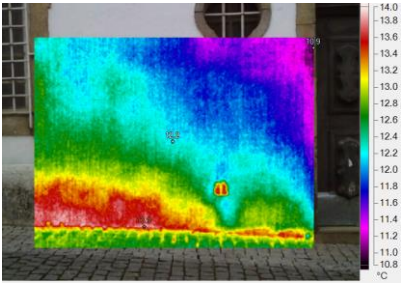


Sem registro

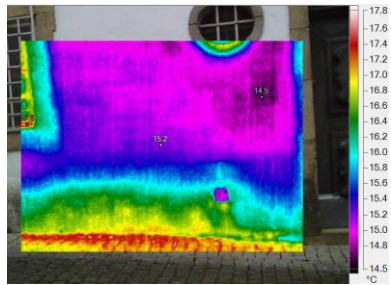


PONTO 4.1 – Data do ensaio: 14/04/2023

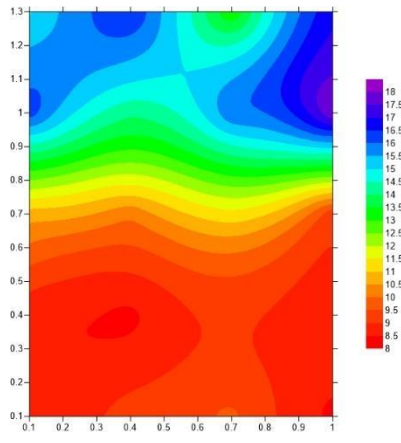
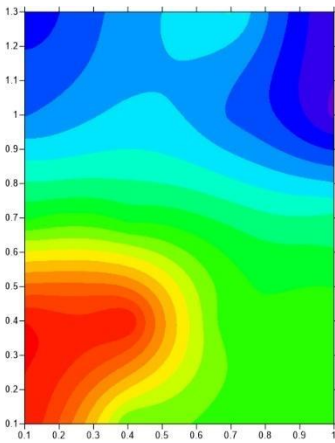
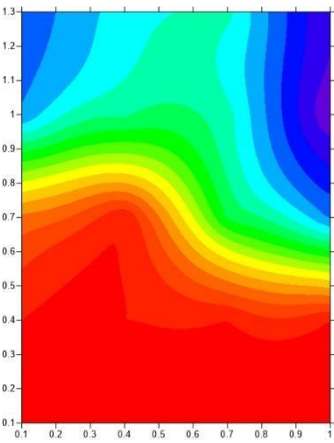
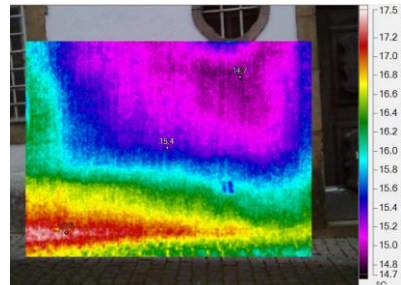
8h



13h



19h

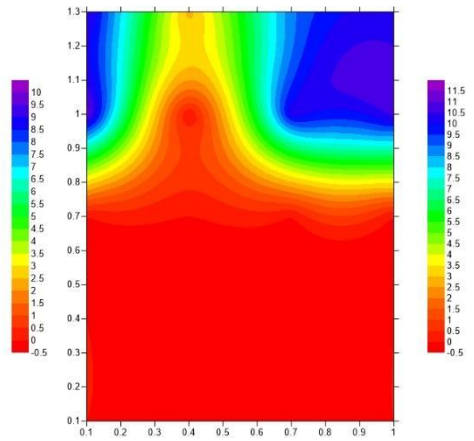
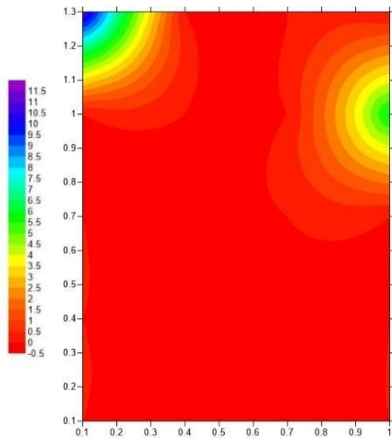
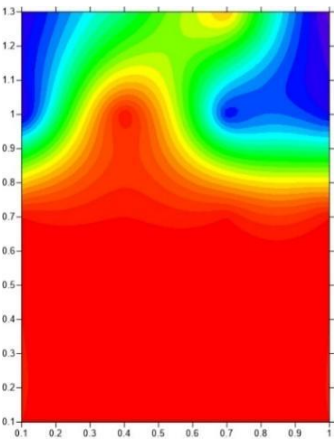
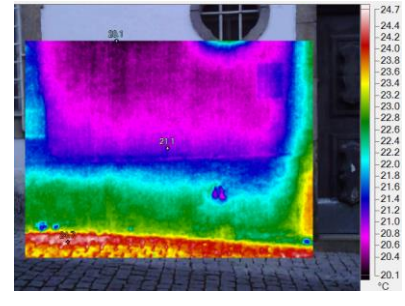
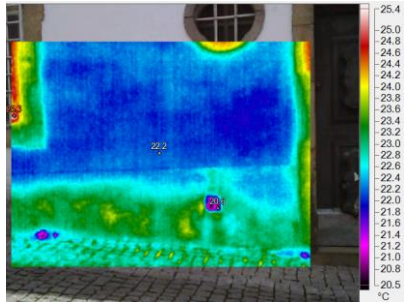
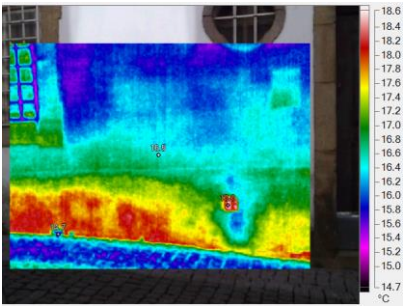


PONTO 4.1 – Data do ensaio: 10/05/2023

8h

13h

19h



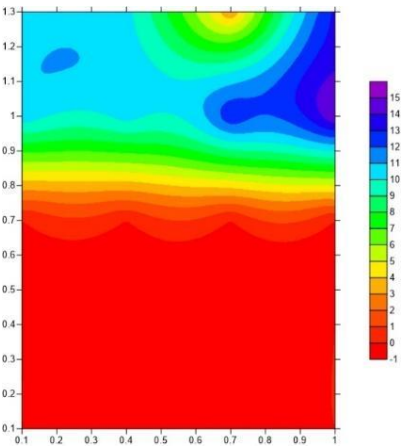
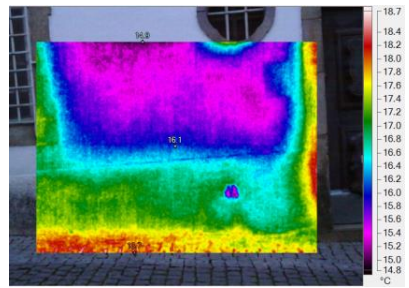
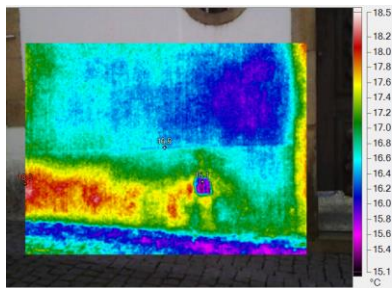
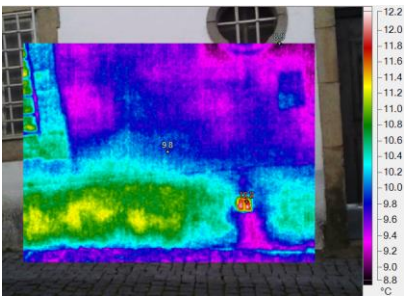
PONTO 4.2 – Data do ensaio: 02/04/2023



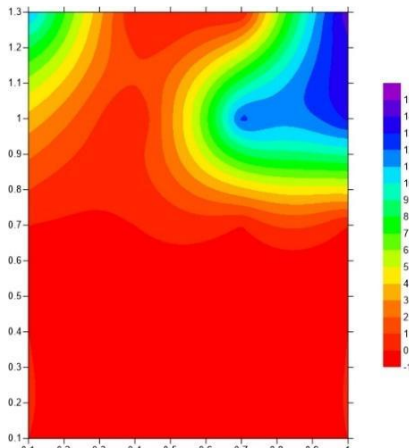
8h

13h

19h

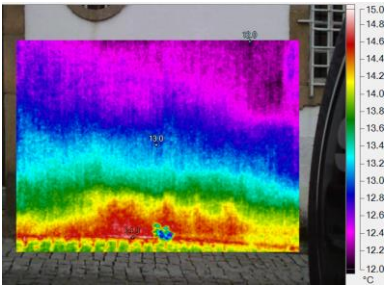


Sem registro

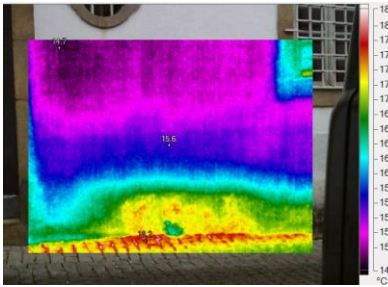


PONTO 4.2 – Data do ensaio: 14/04/2023

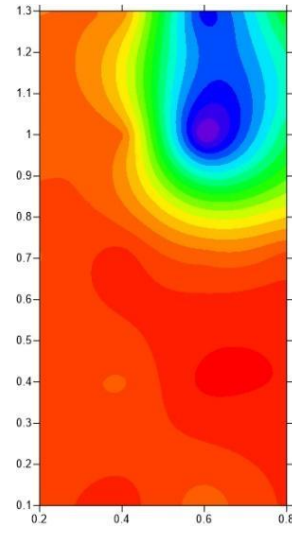
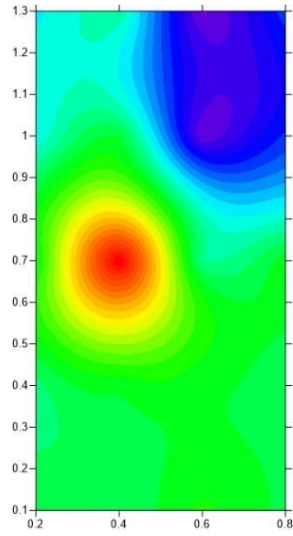
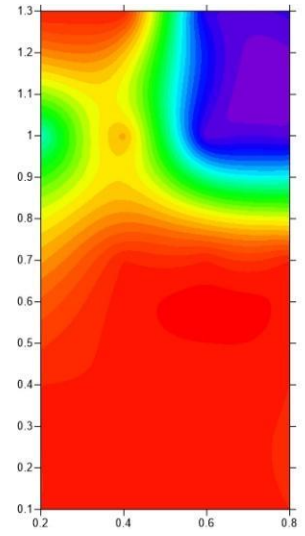
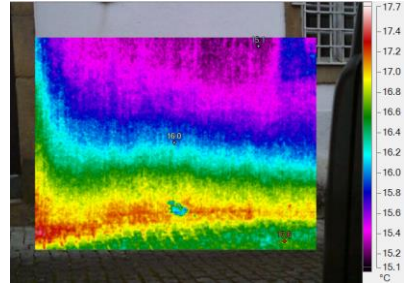
8h



13h

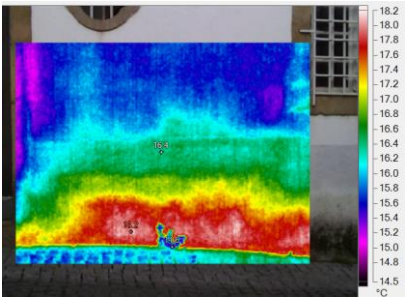


19h

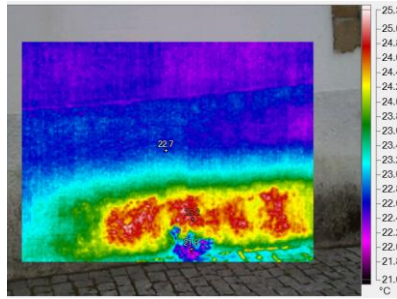


PONTO 4.2 – Data do ensaio: 10/05/2023

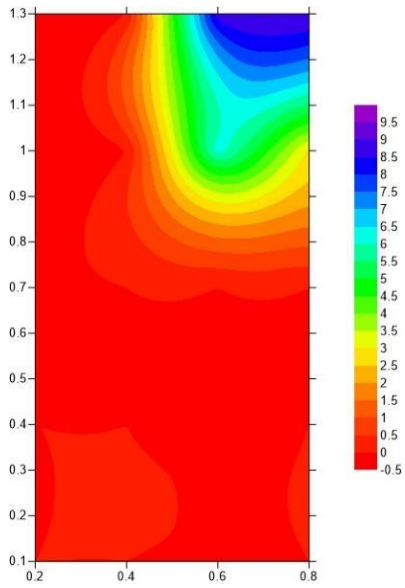
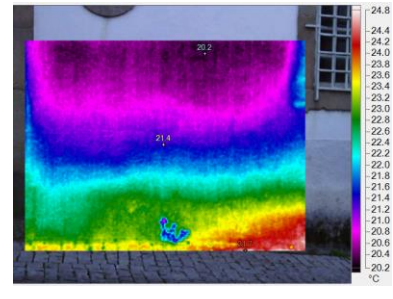
8h



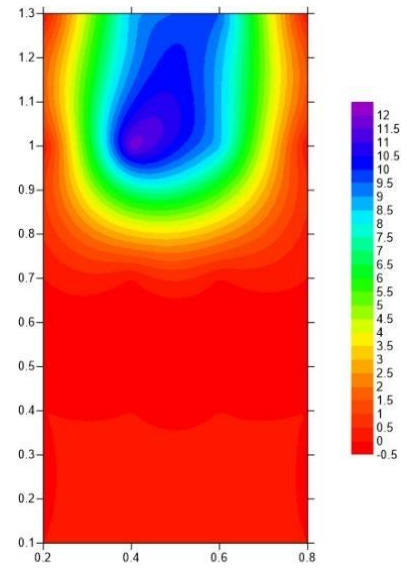
13h



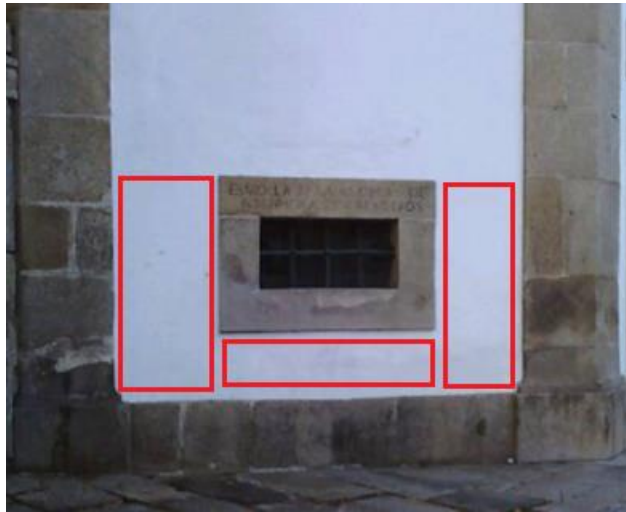
19h



Sem registro



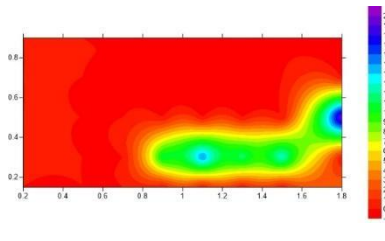
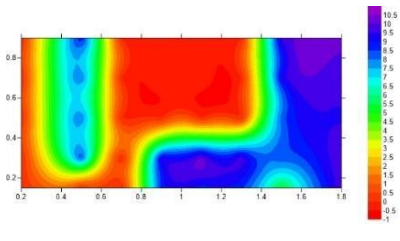
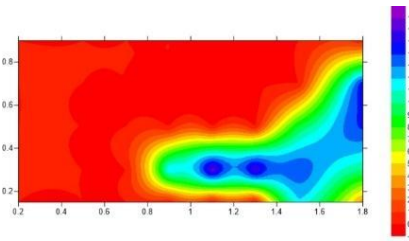
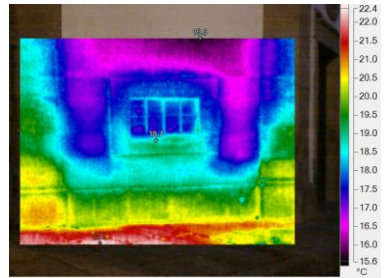
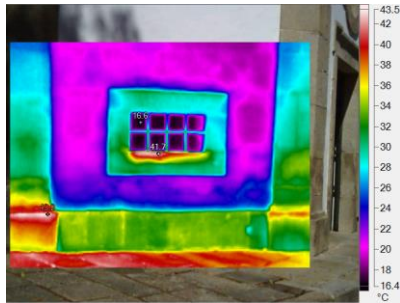
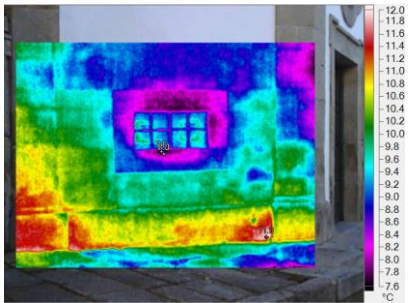
PONTO 5 – Data do ensaio: 02/04/2023



8h

13h

19h



ANEXO C – Registro fotográficos das fachadas do quarteirão



Figura 45 AN B: a) Fachada 1; b) Fachada 2



Figura 46 AN B: Fachada 3



a)



b)

Figura 47AN B: a) Fachada 4; b) Fachada 5



Figura 48 AN B: Fachada 6



Figura 49 AN B: Fachada 7



Figura 50AN B: Fachada 8



Figura 51AN B: Fachada 9

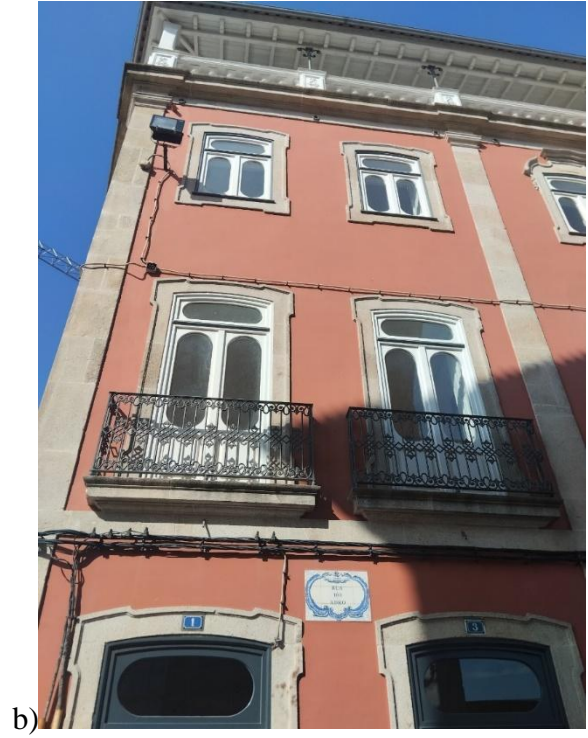


Figura 52AN B: a) Fachada 9; b) Fachadas 10



Figura 53AN B: Fachada 11



a)



b)

Figura 54AN B: a) Fachada 12; b) Fachadas 13



a)



b)

Figura 55AN B: a) Fachada 14; b) Fachada 15



Figura 56AN B: Fachada 16



Figura 57AN B: a) Fachada 17



Figura 58AN B: a) Fachada 18; b) Fachada 19