

## **Universidade de Évora - Escola de Artes**

Mestrado Integrado em Arquitetura

Dissertação

### **"Muralhas do Castelo de Alcácer do Sal - Contributo para o estudo das argamassas na arquitetura militar."**

Maria Cristina Fonseca Almeida

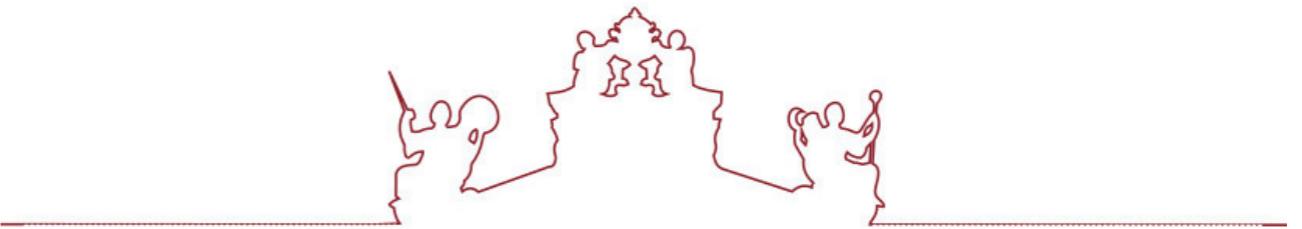
Orientador(es) | Maria Teresa Alves

António Borges Abel

Cristina Galacho

Patrícia Sofia Moita

Évora 2024



**Universidade de Évora - Escola de Artes**

Mestrado Integrado em Arquitetura

Dissertação

**"Muralhas do Castelo de Alcácer do Sal - Contributo para o  
estudo das argamassas na arquitetura militar.**

Maria Cristina Fonseca Almeida

Orientador(es) | Maria Teresa Alves  
António Borges Abel  
Cristina Galacho  
Patrícia Sofia Moita

Évora 2024



## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado ao meu orientador de curso e da prática funcional na arquitetura, António Borges Abel, que embora já não esteja entre nós, sempre me motivou e apoiou a prosseguir este trabalho, definindo comigo a sua organização e estrutura. E à minha irmã, Arlinda Maria Cabral de Almeida, o meu maior exemplo de força e coragem.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, pela base e oportunidade.  
Aos meus irmãos, cunhada e sobrinhos, pelo suporte.  
Ao Paul Druzko, pelo amor e paciência.  
Aos meus amigos, pelo apoio e leveza, em especial à Ana Gonçalves, Ana Lopes, Catarina Menezes, Cristiana Enguiça, Cristiana Lavado, Eduardo Bote, Joana Menezes, Josimar Rodrigues, Nuno Gonçalves, Patrícia Gouveia, Raquel Mendes, Sara Henriques e Virgínia Gusmão.  
À Direção Regional de Cultura do Alentejo e ao Laboratório HERCULES, por permitirem levar a cabo os estudos e análises necessários à elaboração desta dissertação.  
Aos meus orientadores, pela disponibilidade e acompanhamento indispensáveis para a realização deste trabalho.  
E a todas as pessoas que perguntaram, "Ainda não está?".

## **Alcácer do Sal Castle Walls**

The relationship between military architecture and mortar coatings

### **Abstract**

Alcácer do Sal's location on the banks of the river Sado, in a territory abundant in natural resources, made it a highly desirable place to settle, which over time led to the settlement of various peoples. The imposing military fortification, built on the highest point of the town, the material remains and the toponym that gives the town its name, are marks that undoubtedly demarcate the contribution and occupation of the Muslim community (715 - 1217) in the development of the territory. The walls of Alcácer do Sal Castle (11th-12th centuries) have undergone various interventions over the centuries and, for this study, 5 areas of the walls were selected for analysis and 19 mortar samples were taken. For the selected sites, the site's military architecture was analysed, the current state of conservation of the walls was analysed, and the coating mortars were characterized in terms of texture and mineralogy. The work carried out revealed that much of the degradation is associated with lack of maintenance and that the mortars are very similar in composition. An intervention proposal was presented with a view to resolving the anomalies found.

**Keywords:** Coating mortars, Military Architecture, Alcácer do Sal Castle Walls.

## **Muralhas do Castelo de Alcácer do Sal**

Relação entre a arquitetura militar e as argamassas de revestimento

### **Resumo**

A localização de Alcácer do Sal, nas margens do rio Sado, num território abundante em recursos naturais, permitiu que a sua ocupação fosse bastante desejada, o que levou ao longo do tempo, à fixação de diversos povos. A imponente fortificação militar, edificada no ponto mais alto da povoação, os vestígios materiais e o topónimo que dá nome à cidade, são marcas que, sem dúvida, demarcam o contributo e ocupação da comunidade muçulmana (715 – 1217) no desenvolvimento do território.

As muralhas do Castelo de Alcácer do Sal (séc. XI-XII) foram ao longo dos séculos sofrendo diversas intervenções e nesse sentido, para este estudo foram selecionadas 5 zonas das muralhas para análise e retiradas 19 amostras de argamassas. Para os locais selecionados, foram: analisadas a arquitetura militar do local, analisado o estado atual de conservação das muralhas, caracterizadas as argamassas de revestimento, a nível textural e mineralógico. A partir do trabalho realizado verificou-se que grande parte da degradação está associada à falta de manutenção e que as argamassas apresentam composições muito idênticas. Uma proposta de intervenção foi apresentada com vista à resolução das anomalias encontradas.

**Palavras-Chave:** Argamassas de revestimento, Arquitetura Militar, Muralhas do Castelo de Alcácer do Sal.

## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

AGEMN | Administração Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais  
CAOP | Carta Administrativa Oficial de Portugal  
CEN | Comité Europeu de Normalização  
CMAS | Câmara Municipal de Alcácer do Sal  
DGEMN | Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais  
DGT | Direção Geral do Território  
DRCA | Direção Regional de Cultura do Alentejo  
HERCULES | Laboratório HERCULES - Herança Cultural, Estudos e Salvaguarda  
IGESPAR | Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico  
IPMA | Instituto Português do Mar e da Atmosfera  
LNEC | Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
NUTS | Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos  
RCAAAP | Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal  
SIPA | Sistema de Informação para o Património Arquitetónico  
UNESCO | Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

Dedicatória	pág. I
Agradecimentos	pág. II
Abstract	pág. III
Resumo	pág. IV
Lista de Acrónimos	pág. VI

## ÍNDICE

Índice de figuras	pág. IX
Índice de tabelas	pág. XVI

## 1 INTRODUÇÃO À INVESTIGAÇÃO

### 1.1 OBJETIVOS | PERTINÊNCIA

pág. 01

### 1.2 OBJETO DE ESTUDO

### 1.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

### 1.4 O CONTEXTO DO ESTUDO REALIZADO

pág. 01

pág. 01

pág. 02

pág. 03

## 2 TAIPA MILITAR

pág. 04

## 3 O TERRITÓRIO DE ALCÁCER DO SAL

### 3.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

pág. 12

### 3.2 ALCÁCER DO SAL

3.2.1 Relevo

pág. 14

3.2.2 Geologia

pág. 16

3.2.3 Hidrografia

pág. 18

3.2.4 Clima

pág. 20

pág. 22

### 3.3 OCUPAÇÃO HUMANA

3.3.1 Da origem à ocupação romana

pág. 24

3.3.2 Da ocupação muçulmana à atualidade

pág. 24

pág. 26

### 3.4 MURALHAS DE ALCÁCER DO SAL

3.4.1 Intervenções

pág. 28

pág. 30

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

pág. 40

## 4 METODOLOGIA

pág. 42

## 5 INSPEÇÃO VISUAL E LEVANTAMENTO DE ANOMALIAS

### 5.1 ZONA DE RECOLHA DAS AMOSTRAS

pág. 46

#### 5.1.1 ZONA 1

pág. 48

#### 5.1.2 ZONA 2

pág. 50

#### 5.1.3 ZONA 3

pág. 52

#### 5.1.4 ZONA 4

pág. 54

#### 5.1.5 ZONA 5

pág. 56

### 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

pág. 62

## 6 AMOSTRAGEM E TÉCNICAS DE ANÁLISE

### 6.1 AMOSTRAGEM

pág. 64

### 6.2 PREPARAÇÃO FÍSICA DAS AMOSTRAS

pág. 68

#### 6.2.1 Amostras em pó

pág. 70

#### 6.2.2 Amostras em plano de secção

pág. 72

#### 6.2.3 Amostra fragmentada

pág. 74

### 6.3 TÉCNICAS DE ANÁLISE E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

pág. 76

#### 6.3.1 Estéreo Microscopia

pág. 76

#### 6.3.2 Microscopia Ótica

pág. 76

#### 6.3.3 Difração de Raios-X (DRX)

pág. 76

#### 6.3.4 Análise Termogravimétrica (ATG)

pág. 78

#### 6.3.5 Microscopia Eletrónica de Varrimento (MEV)

Especrometria de Raios-X Energia Dispersiva de Energia (EDS)

pág. 78

#### 6.3.6 Análise Granulométrica

pág. 80

### 6.4 RESULTADOS

#### 6.4.1 Estéreo Microscopia

pág. 82

#### 6.4.2 Microscopia Ótica

pág. 86

#### 6.4.3 Difração de Raios-X (DRX)

pág. 92

#### 6.4.4 Análise Termogravimétrica (ATG)

pág. 96

#### 6.4.5 Microscopia Eletrónica de Varrimento (MEV)

Especrometria de Raios-X Energia Dispersiva de Energia (EDS)

pág. 98

#### 6.4.6 Ataque Ácido e Granulometria

pág. 100

### 6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

pág. 108

## 7 ESTRATÉGIA

### 7.1 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA

pág. 111

### 7.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

pág. 122

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

pág. 124

Referências Bibliográficas

pág. 128

Anexos

pág. 138

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 001. Distribuição geográfica das principais construções tradicionais portuguesas em terra: a) Taipa; b) Adobe; c) Tabique, respetivamente (Jorge et al., 2005).	pág. 05	Figura 013. Castelo e muralhas de Alcácer do Sal. Adaptado de DGEMN (1930).	pág. 32
Figura 002. Técnica de construção em taipa: taipal e pilão (Bardou & Arzoumanian, 1981).	pág. 07	Figura 014. Planta do Castelo e Muralhas. DGPC (1961).	pág. 32
Figura 003. Castelo de Paderne, Algarve. Fotografia de Geoparque Algarvensis (2022).	pág. 09	Figura 015. Planta do Castelo e Muralhas. DGPC (1972).	pág. 34
Figura 004. Muralhas do Castelo de Alcácer do Sal.	pág. 10	Figura 016. Torre Albarrã   Torre do Relógio, século XI/XII. Fundo Documental CIMAL.	pág. 35
Figura 005. Vista Sul de Alcácer do Sal, décadas de 50/60. Arquivo Municipal de Lisboa, Fundo Artur Pastor.	pág. 13	Figura 017. Muralhas de Alcácer do Sal, vista Oeste. DGEMN (1985).	pág. 37
Figura 006. Nuts II – Alentejo; Nuts III – Alentejo Litoral; e Concelho de Alcácer do Sal, respetivamente. Adaptado de Direção Geral do Território, CAOP (versão 2020).	pág. 15	Figura 018. Torreão – Alçado Sul. Fundo Documental CIMAL.	pág. 38
Figura 007. Mapa Altimetria do Concelho de Alcácer. Adaptado de Câmara Municipal de Alcácer do Sal (2020).	pág. 17	Figura 019. Vista interior Claustro do Castelo. DGEMN.	pág. 39
Figura 008. Mapa Geologia do Concelho de Alcácer. Adaptado de Carta Geológica de Portugal, escala 1:50 000, Serviços Geológicos de Portugal.	pág. 19	Figura 020. Fórum Salácia. Gabinete de Arqueologia da CMAS.	pág. 44
Figura 009. Mapa Hidrografia do Concelho de Alcácer. Adaptado de Carta Militar de Portugal, escala 1:25 000, Serviço Cartográfico do Exército.	pág. 21	Figura 021. Ortofotomap com a identificação das zonas onde foram recolhidas as amostras. Adaptado de Google Maps, imagem de fevereiro de 2024.	pág. 48
Figura 010. Gráficos dos valores de precipitação média total e máxima diária, assim como da velocidade média (km/h) e frequência da direção do vento (%) ao longo do ano (IPMA, 2021).	pág. 23	Figura 022. Vista Zona 1.	pág. 49
Figura 011. Castelo de Alcácer do Sal. Horizonte da Época Romana. Escavações no Convento de Aracaelli. Aspetto do santuário, vendo-se em primeiro plano a cela do tanque (Encarnação & Faria, 2002).	pág. 25	Figura 023. Amostra ALC 1A.	pág. 49
Figura 012. Reconstituição hipotética da medina de Qasr al-Fath (Alcácer do Sal), em contexto Almóada, no seio da governação dos Banu Wazirí. Adaptado de Gabinete de Arqueologia da Câmara Municipal de Alcácer do Sal e Carvalho e Wu (2014).	pág. 27	Figura 024. Amostra ALC 1B.	pág. 49
		Figura 025. Identificação das anomalias presentes na Zona 1.	pág. 49
		Figura 026. Alçado Norte, vista interior – localização da recolha de amostras.	pág. 49
		Figura 027. Vista da Zona 2.	pág. 50
		Figura 028. Alçado Sul, vista exterior – localização da recolha de amostras.	pág. 50

Figura 029. Alçado Este, identificação das anomalias presentes na Zona 2.	pág. 51	Figura 049. Vista da Zona 5.2. – local de recolha das amostras ALC 10R e ALC 10T.	pág. 59
Figura 030. Camadas de reboco, identificação da zona de recolha das amostras ALC 5 e ALC 4E.	pág. 51	Figura 050. Agregados com aproximadamente 30mm. Local de recolha da amostra ALC 10R/T.	pág. 59
Figura 031. Pedra mal aparelhada, argamassada na Zona 2. Zona Identificada na Figura 027.	pág. 51	Figura 051. Reconstrução com alvenaria de tijolo e pedra.	pág. 59
Figura 032. Vista da Zona 3.	pág. 52	Figura 052. Identificação das anomalias presentes na Zona 5.2.	pág. 60
Figura 033. Alçado Torreão, vista interior – localização da recolha de amostras.	pág. 52	Figura 053. Amostras da Zona 5.2.	pág. 60
Figura 034. Identificação das anomalias presentes na Zona 3.	pág. 53	Figura 054. Espessura de 25mm da camada de reboco. Local de recolha da amostra ALC 9.	pág. 61
Figura 035. Vista Nascente pelo exterior da Zona 3.	pág. 53	Figura 055. Presença de vegetação nos paramentos verticais.	pág. 61
Figura 036. Ausência de reboco com erosão ao nível da taipa.	pág. 53	Figura 056. Amostras da Zona 5.3.	pág. 61
Figura 037. Vista da Zona 4.	pág. 54	Figura 057. Diagrama de preparação física das amostras em função da técnica de análise.	pág. 69
Figura 038. Alçado Sul, vista exterior – localização da recolha de amostras.	pág. 54	Figura 058. Desagregação por pilão em almofariz de ágata.	pág. 71
Figura 039. Ausência de capeamento.	pág. 55	Figura 059. Moinho de bolas (ágata) e amostra em pó	pág. 71
Figura 040. Presença de vegetação.	pág. 55	Figura 060. Peneiramento da fração fina.	pág. 71
Figura 041. Argamassa de revestimento numa das zonas previamente reparada.	pág. 55	Figura 061. Preparação de amostras para lâmina delgada: em reina epóxi, desgaste.	pág. 71
Figura 042. Identificação das anomalias presentes na Zona 4.	pág. 55	Figura 062. Desgaste/Polimento manual das secções transversais em papel de carboneto de silício.	pág. 73
Figura 043. Alçado Oeste, vista exterior – localização da recolha de amostras.	pág. 56	Figura 063. Preparação das amostras para lâmina delgada.	pág. 73
Figura 044. Identificação das anomalias presentes na Zona 5.	pág. 57	Figura 064. Desagregação manual da amostra com a ajuda de um martelo.	pág. 73
Figura 045. Espessura de 50mm da camada de reboco. Local de recolha da amostra ALC 11E/I.	pág. 58	Figura 065. Preparação da amostra desfragmentada para análise por ataque ácido.	pág. 75
Figura 046. Presença de vegetação no cimo da torre da Zona 5.1	pág. 58	Figura 066. Microscópio Estereoscópico Leica-M205-C.	pág. 75
Figura 047. Vista da Zona 5.1. – local de recolha das amostras ALC 11E e ALC 11I.	pág. 58	Figura 067. Difractómetro Bruker AXS D8 Discover.	pág. 77
Figura 048. Amostras da Zona 5.1.	pág. 58		

Figura 068. Analisador Térmico Simultâneo STA 449 F3 Júpiter NETZSCH.	pág. 79	Figura 081. Amostra ALC 1A (parte inferior/interior). Imagen BSE, aspeto textural.	pág. 98
Figura 069. Microscópio Eletrónico de Varrimento de Pressão Variável HITACHI S-3700N, acoplado a um Bruker XFlash 5010 com um Detetor de Deriva de Silício (SDD). Espectrómetro de Energia Dispersiva de Raios-X.	pág. 79	Figura 082. Amostra ALC 1A (parte superior/exterior). Distribuição elementar EDS para os elementos Si, Ca e Al.	pág. 98
Figura 070. Preparação da análise por ataque ácido: amostra e solução aquosa de ácido clorídrico.	pág. 81	Figura 083. Amostra ALC 2E. Distribuição elementar EDS para os elementos Si, K Ca. Fragmento cerâmico (cima) a contactar argamassa e nódulo de cal.	pág. 99
Figura 071. Filtração a vácuo com funil de Büchner.	pág. 81	Figura 084. Amostras ALC 2I, ALC 4E, ALC 4I, ALC 5, ALC 6E e ALC 6I. Distribuição elementar EDS para os elementos Si, Ca, Al. Evidenciando a morfologia e dimensão dos agregados nas Zonas 2 e 3.	pág. 99
Figura 072. Resíduos insolúveis.	pág. 81	Figura 085. Percentagem mássica de resíduo insolúvel e de fração solúvel das amostras de argamassas estudadas, obtida por ataque ácido.	pág. 100
Figura 073. Peneiras de teste ASTM E11 para análise granulométrica.	pág. 81	Figura 086. Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da zona 1. Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu$ m e 500 $\mu$ m.	pág. 102
Figura 074. Difractogramas das FG das amostras da Zona 1: ALC 1A (vermelho), ALC 1B (preto). (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: mica, A: albite).	pág. 93	Figura 087. Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da zona 2. Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu$ m e 500 $\mu$ m.	pág. 102
Figura 075. Difractogramas das FG das amostras da Zona 2: ALC 2E (rosa), ALC 2I (vermelho), ALC 3 (verde), ALC 4E (castanho), ALC 4I (azul), ALC 5 (preto). (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: mica, A: albite).	pág. 94	Figura 088. Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da zona 3. Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu$ m e 500 $\mu$ m.	pág. 103
Figura 076. Difractogramas das FG das amostras da Zona 3: ALC 6E (azul), ALC 6I (vermelho), ALC 7E (rosa), ALC 7I (verde). (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: mica, A: albite; Cl: clinochlore, D: dolomite).	pág. 94	Figura 089. Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da zona 4. Maior percentagem de grãos entre 125 $\mu$ m e 250 $\mu$ m.	pág. 103
Figura 077. Difractogramas das FG das amostras da Zona 4: ALC 8E (preto), ALC 8I (vermelho). (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: mica, A: albite).	pág. 95	Figura 090. Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da zona 5. Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu$ m e 500 $\mu$ m.	pág. 103
Figura 078. Difractogramas das FG das amostras da Zona 5: ALC 9E (vermelho), ALC 9I (azul), ALC 10T (preto), ALC 10R (verde), ALC 11Ee (castanho), ALC 11Ei (laranja), ALC 11I (rosa). (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: mica, A: albite).	pág. 95	Figura 091. Diagrama de classes granulométricas para sedimentos obtidos a partir do software GRADISTAT. Zona 1 (amarelo); Zona 2 (azul); Zona 3 (verde); Zona 4 (roxo); Zona 5 (vermelho).	pág. 104
Figura 079. Amostra ALC 1A (parte superior/exterior). Imagem BSE, aspeto textural, parte externa da camada.	pág. 98	Figura 092. Amostras ricas em quartzo.	pág. 107
Figura 080. Amostra ALC 1A (parte superior/exterior). Distribuição elementar EDS para os elementos Si, Ca e Mg. Evidenciando a fase ligante calcítica.	pág. 98		

Figura 093. Planta proposta de intervenção.	pág.112	<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	
Figura 094. Alçado sul com a proposta de intervenção.	pág.112	Tabela 001. Amostra em estudo: período, localização, estratigrafia e registo fotográfico.	pág. 66
Figura 095. Planta do miradouro.	pág.114	Tabela 002. Superfícies Polidas.	pág. 83
Figura 096. Planta do espaço de restauração.	pág.115	Tabela 003. Imagens de microscópio petrográfico representativas dos minerais observados sob NC (INicóis cruzados) e NP (Nicóis paralelos).	pág. 87
Figura 097. Colagem do miradouro.	pág.116	Tabela 004. Imagens petrográficas representativas da composição geral de cada grupo de amostras, à escala de 1mm.	pág. 89
Figura 098. Alçado do miradouro e Corte do espaço de restauração.	pág.117	Tabela 005. Caracterização mineralógica das FG das amostras de argamassas em estudo.	pág. 93
Figura 099. Corte tipo com a identificação dos materiais do passadiço em madeira.	pág.118	Tabela 006. Gamas de temperatura TG/DTG (°C) e perdas de massa (%) de todas as amostras em individual.	pág. 97
Figura 100. Planta tipo com a identificação dos materiais do passadiço em madeira.	pág.119	Tabela 007. Composição simplificada das argamassas (% em massa)	pág.101
Figura 101. Planta representativa da estrutura metálica do miradouro.	pág.120	Tabela 008. Descrição da distribuição, fração predominante (% em massa), calibragem e grupo textural de todas as amostras.	pág.105
Figura 102. Pormenor construtivo do miradouro.			

# 1

## INTRODUÇÃO À INVESTIGAÇÃO

### 1.1 OBJETIVOS | PERTINÊNCIA

A hipótese apresentada é motivada pelo facto das muralhas do Castelo de Alcácer do Sal serem das últimas construções militares em taipa, em Portugal, que ainda albergam algum tipo de programa nas suas delimitações, realçando assim o interesse de conservar, e a pertinência de dar a conhecer parte deste património arquitectónico. Esta construção foi crucial sob o ponto de vista histórico e construtivo no desenvolvimento do concelho de Alcácer do Sal.

Com o passar dos anos, as mesmas foram-se degradando, tendo algumas partes desmoronado. Levando a que fosse necessário consolidar e conservar os troços de muralha que limitam a atual Pousada Castelo de Alcácer do Sal, nomeadamente as muralhas situadas a norte, sul e oeste, assim como os torreões que as compõem, como grande exemplo, a atual Torre do Relógio, primordialmente edificada como torre de vigia. A reparação das coberturas de todos os elementos afetos à muralha, incluindo a cobertura da Igreja de Nossa Senhora de Aracoeli, foram também consideradas nestas intervenções (Mendonça, 1992).

A escolha do tema deve-se, em parte, ao interesse pela materialidade em causa e à necessidade de, com o avanço das tecnologias construtivas, entender qual a melhor via para a conservação e intervenção neste tipo de construções.

Enquanto estudante de arquitetura, e com grande interesse pela salvaguarda do património e por soluções que abrangem a construção em terra, é pertinente realizar o presente estudo, a fim de entender a adequação das soluções de revestimento, desta arquitetura militar, através do comportamento físico, resultante da junção de diferentes materiais, aplicados em diferentes épocas. Analisar o comportamento das argamassas de revestimento, tendo em conta a localização e exposição face às intempéries. E propor uma estratégia, que valorize e evidencie, esta construção.

### 1.2 OBJETO DE ESTUDO

A construção em terra crua, vem de tempos remotos, quando as antigas civilizações do Médio Oriente utilizavam a própria terra como material construtivo das suas edificações. É sobre o domínio romano que a Península Ibérica viu serem edificadas as primeiras construções em taipa. Mais tarde, com a invasão muçulmana a técnica de construção em taipa de estruturas defensivas militares veio a ser difundida por todo o sul peninsular, nomeadamente no Alentejo e no Algarve. Esta influência muçulmana, iniciada no período Omíada (século VIII), teve maior impacto na impulsão desta técnica construtiva em terra crua nos períodos Almorávida e Almóada (séculos. XII – XIII).

O Castelo de Alcácer do Sal é um dos exemplos deste sistema defensivo, edificado em taipa militar, e é neste contexto que se insere o presente trabalho de investigação.

### **1.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Esta dissertação foi organizada em 7 capítulos. A seguir, faz-se uma breve descrição de cada um deles. O trabalho compreendeu, numa primeira fase, a recolha de informação documental sobre as muralhas do Castelo de Alcácer do Sal, que se encontram descritas nos Cap. 1 a 4.

Para a recolha de informação sobre o tema, foi consultado o Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP), onde se encontraram variadas fontes de informação, por exemplo, livros, revistas, artigos científicos, teses de doutoramento e dissertações de mestrado. Também foram consultadas várias entidades, tais como: o Sistema de Informação para o Património Arquitetónico (SIPA), Direção-Geral do Território (DGT), Câmara Municipal de Alcácer do Sal, Direção Regional de Cultura do Alentejo, e Arqueólogos que já tivessem abordado este tema. Após a recolha de informação foram definidos, em conjunto com a DRCA, quais os locais a analisar, para posteriormente ser desenvolvida a campanha experimental, com a respetiva análise dos resultados obtidos esta informação está no Cap. 5.

Com base nos resultados obtidos, foi apresentada uma proposta de intervenção que se encontra no Cap.6. Por último, no Cap. 7 são apresentadas as Considerações Finais do trabalho realizado.

### **1.4 O CONTEXTO DO ESTUDO REALIZADO**

Tratando-se de uma dissertação de investigação sobre o património arquitetónico militar, verificou-se que a documentação existente sobre este tipo de edificações é reduzida, destacando-se alguns documentos históricos e principalmente arqueológicos. Esses documentos assumem um papel fundamental no desenvolvimento desta investigação, já que reúnem informação histórica e atual, que é pertinente, e que ajuda a responder a algumas questões e ideias essenciais, que são necessárias para a compreensão deste tema e dos vários objetivos propostos nesta Dissertação.

Uma das obras essenciais para a presente investigação, é a Dissertação de Mestrado em Arquitetura de José António Amaral Trindade Chagas, de 1995, intitulada *O Castelo de Alcácer do Sal e a utilização da taipa militar durante o domínio Almóada* (Chagas, 1995).

A dissertação de Mestrado em Arqueologia de Marta Isabel Caetano Leitão, de 2015, intitulada *A Presença Islâmica em al-Qasr – uma análise sobre o urbanismo e sistema defensivo* (Leitão, 2015), que faz o estudo do urbanismo da medina islâmica de Alcácer entre o século IX e o século XIII, bem como algumas publicações digitais online da Al-Madan (Leitão, 2016 e 2020), da mesma autora, que reconhecem e dão a conhecer vestígios arqueológicos encontrados durante escavações recentes, constituem outras obras de referência.

A publicação de Maria Teresa da Silva Ferreira Lopes Pereira, de 1998, intitulada *Alcácer do Sal na Idade Média* (Pereira, 1998), que apresenta a leitura evolutiva da paisagem urbana de Alcácer do Sal ao longo do tempo modificada pelo homem, esta contribui para um conhecimento profundo de Alcácer medieval. Ainda sobre as muralhas do Castelo de Alcácer do Sal, mas focado no tema da sua construção, algumas publicações da editora Argumentum, são essenciais para a investigação do ponto de vista construtivo, comportamental e característico da taipa. As seguintes obras: *La restauración de la tapia en la Península Ibérica – criterios, técnicas, resultados y perspectivas*, de Camila Mileto e Fernando Vegas, de 2014 (Mileto & Vegas, 2014), livro que traz uma perspetiva das diversas variantes construtivas da taipa e as suas principais patologias; em trinta casos de estudo de obras de recuperação e restauro da *Arquitetura de Taipa na Península Ibérica*, a publicação *Taipa no Alentejo* (Correia, 2007), fruto da tese de mestrado em arquitetura de Mariana Correia, de 2002, que faz o estudo de forma técnica e sistematizada da taipa através da análise das várias tipologias de arquitetura popular da região; e o terceiro volume da coleção de *Cadernos de Construção com Terra - Rebocos de Terra* de Paulina Faria e José Lima, de 2015-2016 (Faria & Lima, 2015-2016), que traz questões relativas à viabilidade da conceção, aplicação, reparação e substituição de rebocos de terra e das argamassas e acabamentos que os constituem.

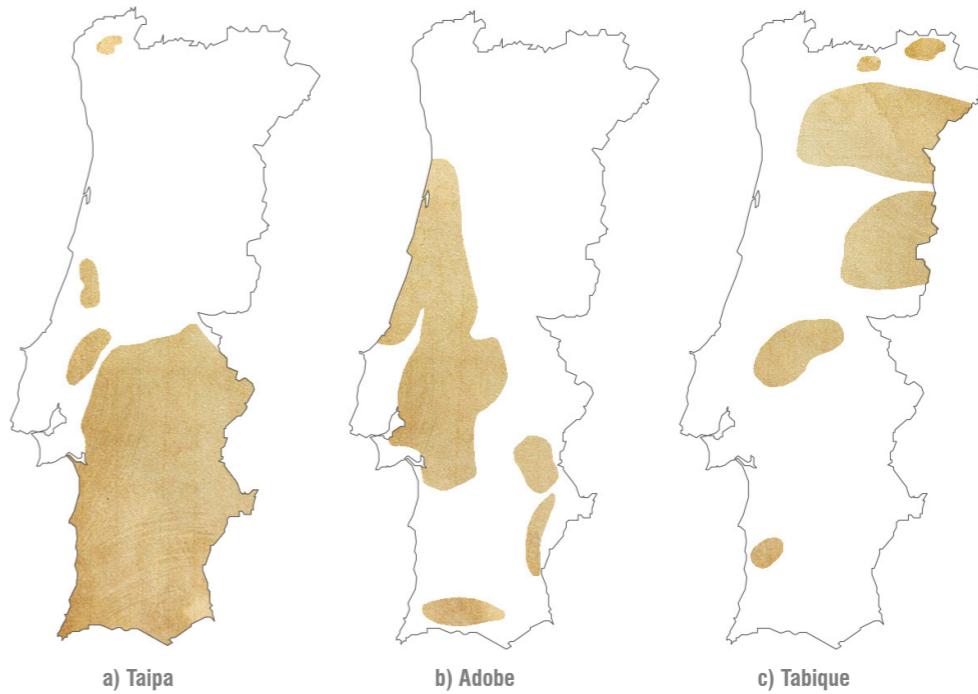
## 2

### TAIPA MILITAR

Em Portugal, mais especificamente no Sul, os primeiros vestígios da utilização da terra no ato de construir, são referentes ao período Calcolítico, onde inúmeros vestígios de argamassa de terra, foram encontrados com impressões de ramagens, cozidos por incêndio, utilizadas construtivamente no revestimento e/ou recobrimento de estruturas vegetais (paredes e coberturas). Remontam também a este período a utilização da taipa e de adobes, documentados em dois sítios de habitat: Monte da Tumba, Torrão, Setúbal (Silva e Soares, 1987) e no Alto do Outeiro, Baleizão, Beja (Bruno, 2006).

Exemplificada a existência da terra em construções habitacionais que remontam o período calcolítico, no território português, é possível formar uma ponte cronológica entre a génese introdutória deste processo construtivo com o desenvolvimento da sua técnica, introduzida pelas consecutivas invasões de povos vindos das regiões a oriente da Península Ibérica, que já as dominavam.

Variando ao longo das regiões portuguesas, a utilização da terra, conforme a infinidade de variantes adaptadas à sua qualidade, a identidade dos lugares, e as populações que as fizeram nascer, adoptar ou aperfeiçoar, constitui um dos materiais de construção mais utilizados tradicionalmente, tendo como principais técnicas de construção no uso da terra em Portugal (fig.001)- a taipa, o adobe, e o tabique – sendo a taipa, até ao século XX, a técnica mais disseminada no Alentejo, Algarve e Ribatejo.



**Fig. 001.** Distribuição geográfica das principais construções tradicionais portuguesas em terra: a) Taipa; b) Adobe; c) Tabique, respetivamente (Jorge et al., 2005).

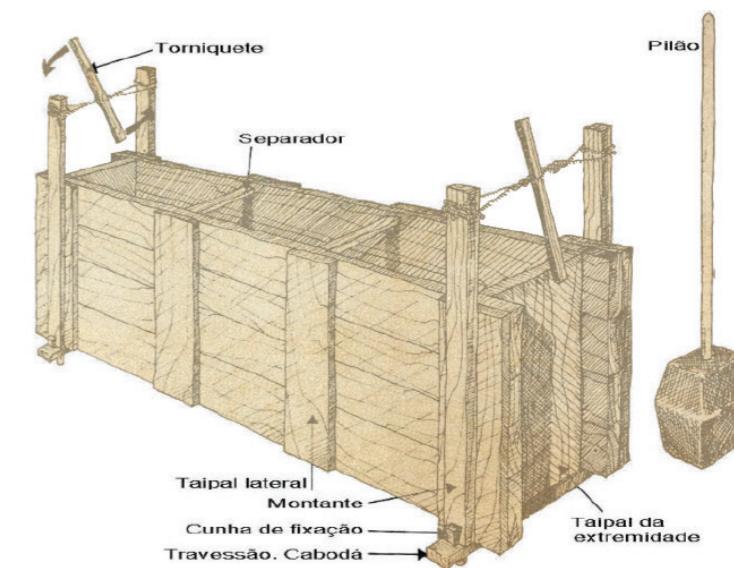
Identificada através de registos arqueológicos desde o III milénio a.C., juntamente com o adobe, a utilização da taipa no sul de Portugal, advém de ocupações anteriores às civilizações romanas e islâmicas na Península Ibérica.

Apesar da introdução desta técnica construtiva, na Península Ibérica, referenciada por diversos autores, tenha sido influenciada pelos Fenícios, Cartagineses ou Romanos, foram os Muçulmanos que mais divulgaram e generalizaram o uso desta técnica no Sul do território português. Sendo provável que o termo taipa provenha do étimo árabe “*tâbiya*”.

Ao contrário do adobe, com dimensões pouco maiores que um tijolo, e onde na sua constituição existe a presença de aditivos vegetais, a taipa é caracterizada como uma técnica construtiva que permitia a elevação de paredes autoportantes, que rondavam os 1,50 X 0,60m tanto de largura como de altura, que resultavam da compressão de terra humedecida e agregados/ restos de materiais entre dois taipais (cofragens em madeira), por meio de um maço (pisão ou pilão) (fig.002), com juntas horizontais e verticais, executadas com uma camada fina de cal aérea e areia (Correia, 2002).

De modo a criar maior atrito entre os blocos de taipa e por sua vez uma maior resistência mecânica, eram executadas juntas horizontais com tijolo cozido, pedra de xisto ou palha.

Para evitar a humidade ascendente por capilaridade e danos por efeito direto da chuva ou salpico, as paredes de taipa eram elevadas através de fundações de alvenaria de pedra argamassada.



**Fig. 002.** Técnica de construção em taipa: taipal e pilão (Bardou & Arzoumanian, 1981).

Vitruvius Pollio, na sua obra *De Architectura* (Dez Livros de Arquitetura) (século I a.C.), identifica esta técnica construtiva, através da compilação dos conhecimentos da arte e da técnica de construir dos gregos, como, estrutura formigão (*Caementiciae structuae*) - estruturas de betão, compostas fundamentalmente por calhaus ou cascalhos, areia e água. (Vitrúvio, Livro 2, cap. 4) É a partir do tratado de Vitrúvio que esta técnica, nomeada de “formigão”, ou “*opus signinum*”. – “Fazemos também em falta de pedra as muralhas de formigão, a sua matéria é terra e cal dentro dos mesmos taypays como a taypa; a terra para esta obra quanto mais groça, ariente, com mistura de pedrinhas, e cascalho tanto melhor, deve levar ao menos a terça parte de cal [...]” – é alterada, com a introdução da cal, e introduzida no método construtivo dos finais do Império Romano. Esta alteração proporcionava maior solidez e facilidade construtiva (Vellozo, 1743).

Com origens nas construções militares dos finais do Império Romano, surge ainda a taipa militar, difundida e utilizada pelos muçulmanos em castelos e muralhas defensivas, por volta do século XI, generalizada no período Almóada (XI-XII) – composta por terra crua e cal aérea, pozolanas naturais e agregados finos – sendo este último constituído por areia e pequenas pedras ou seixos e por vezes, também, por pequenos elementos cerâmicos que contribuíram para evitar a retração (Chagas, 1995). O método de concretização destas últimas técnicas construtivas, para além da quantidade de cal aérea utilizada, é também um fator de diferenciação. Enquanto que a taipa dos finais do Império Romano, era misturada previamente, e no estado liquefeito, colocada em cofragens de madeira, desmontadas só após a sua secagem, conferindo, morfológicamente, formas geométricas de traçado retilíneo, com cunhais de ângulos bem definidos, na técnica muçulmana, perante um período de constantes batalhas, onde era necessária uma rápida edificação, eram caracterizadas pela ausência de um padrão retilíneo e constituídas por uma argamassa mais complexa, com uma grande percentagem de cal aérea, apenas humedecida, o que levaria a ser necessário a utilização de um pilão para compactar a terra e cal aérea (Torres, 1992).

São exemplos desta técnica construtiva os castelos de Paderne (fig.003) e de Alcácer do Sal.

Em Alcácer do Sal foram utilizados taipais com as dimensões de côvados de 40-45 cm, apresentando um traço volumétrico de cal:terra de 1:4 a 1:5 (Cotrim, et al, 2018).



**Fig. 003.** Castelo de Paderne, Algarve. Fotografia de Geoparque Algarvensis (2022).

### 3

#### O TERRITÓRIO DE ALCÁCER DO SAL

“Olhamos cá de cima [...] e percebemos sem esforço, porque que tantos lutaram por Alcácer. Toda a beleza devia ficar assim, eternamente quieta entre o ar e a terra [...]. Para que, depois de nós, outros venham e outros ainda, encostar-se aos mesmos muros e alisar com as mãos o ar que os mantém suspensos para sempre sobre o jardim atravessado por um rio”.

(Tavares, s.d., cit. por Pereira, 2016, p. 121)

Fig. 004. Muralhas do Castelo de Alcácer do Sal.



### 3.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

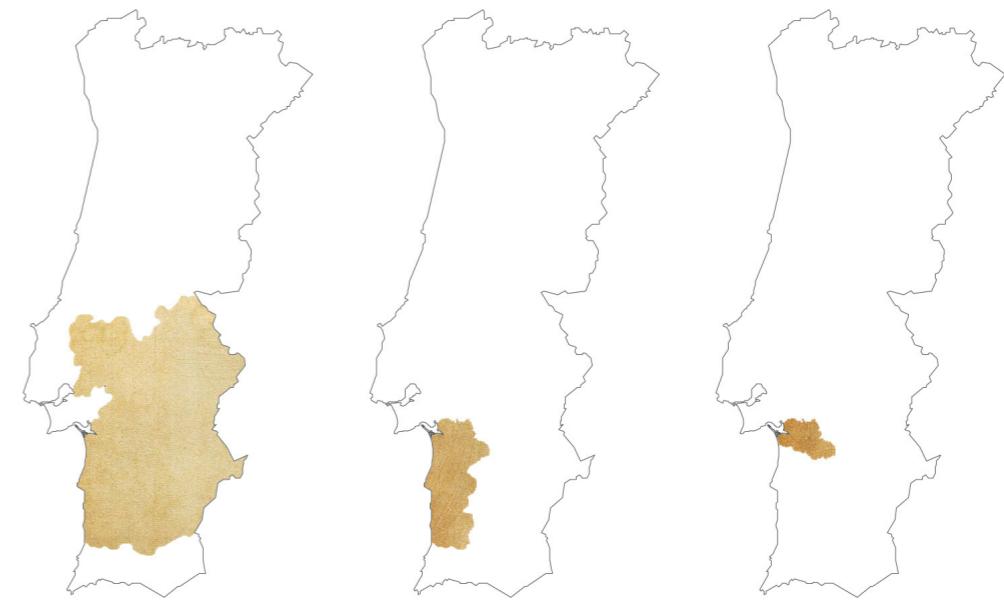
A região do Alentejo está localizada no Sul de Portugal, encontrando-se delimitada pelo rio Tejo a Norte, pela região do Algarve a Sul, pelo Oceano Atlântico a Oeste e pelo rio Guadiana a Este. O Alentejo corresponde a uma das sete regiões NUTS II e divide-se em cinco sub-regiões: Alentejo Litoral, Baixo Alentejo, Lezíria do Tejo, Alto Alentejo e Alentejo Central. O Alentejo Litoral compreende o distrito de Setúbal e o distrito de Beja, constituído por 5 concelhos com aproximadamente 96,442 habitantes em 5308,11 Km<sup>2</sup>, de acordo com os Censos de 2021 (Instituto Nacional de Estatística, 2023). Nesta região, a paisagem alentejana apresenta uma grande uniformidade de peneplanícies (de horizontes abertos e amplos), de onde ressaltam, dispersas e afastadas, algumas formações montanhosas de fraca altitude (fig.005), à exceção da Serra de São Mamede (1025 m) e da Serra de Marvão (865 m). O resultado da posição geográfica do Alentejo Litoral (entre o Sado e a Serra Algarvia), a diversidade paisagística e a reduzida densidade populacional contribuem para a preservação de um património de elevado valor natural e paisagístico, cujos objetivos de conservação e valorização estão subjacentes à justificação da criação de uma Rede de Áreas Protegidas e Classificadas. A Norte, ao longo da faixa costeira entre Sines e o estuário do Sado, com aproximadamente 65 km de extensão, destaca-se ainda uma zona de charneca associada ao vale do Sado. Esta área abrange uma parte da Serra de Grândola onde se verifica uma expressiva presença da floresta, incluindo sobreiros e pinheiros mansos. A Sul, de Sines até ao concelho de Vila do Bispo (Algarve), ao longo da faixa litoral que abrange o vale do rio Mira, encontra-se a zona do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, compreendendo o Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina. Com algumas diferenças em relação à zona Norte (Grândola), esta faixa apresenta características mais acentuadas de peneplanície, através da presença de montados de sobro e de extensos terrenos dedicados ao cultivo de cereais.



**Fig. 005.** Vista sul de Alcácer do Sal décadas de 50/60.  
Arquivo Municipal de Lisboa, Fundo Artur Pastor.

### 3.2 ALCÁCER DO SAL

Num tempo em que o rio Sado funcionava como entrada ampla para a navegação oceânica e escoadouro fácil para as riquezas minerais, nomeadamente a prata do interior alentejano, existe, debruçando-se em anfiteatro no fundo do seu estuário, a cidade histórica de Alcácer do Sal. Esta localização, a 56 metros de altura acima do nível médio das águas do mar, privilegiada com os produtos agrícolas, minérios, lãs, mel e sal provenientes das margens do Sado, estrategicamente posicionada entre a via que ligava Olisipo (Lisboa), a Ebora (Évora) e Pax Julia que prosseguia até Emerita (Mérida), permitiu que se desenvolvesse este conjunto urbano ribeiro com significativo interesse histórico e patrimonial. Localizada na zona meridional do distrito de Setúbal, e atravessado pelo estuário do Sado, o município de Alcácer do Sal, o segundo maior do país, com cerca de 1479,94 km<sup>2</sup> de área, e aproximadamente 13 mil habitantes, situa-se na Região do Alentejo (NUT II) e no Alentejo Litoral (NUT III), encontra-se subdividido em quatro freguesias: a freguesia da Comporta, freguesia de São Martinho, freguesia do Torrão e a União das Freguesias de Alcácer e Santa Susana (fig.006). O concelho encontra-se delimitado pelos municípios de Palmela, Vendas Novas e Montemor-o-Novo a Norte; por Viana do Alentejo a Nordeste; por Alvito a Este; por Ferreira do Alentejo e Grândola a Sul; por Grândola a Oeste; e por Setúbal a Noroeste, através do estuário do Sado. A Reserva Natural do Estuário do Sado está situada a poucos quilômetros da cidade histórica de Alcácer do Sal, seguindo o curso do rio Sado em direção à foz. Esta reserva natural estende-se por aproximadamente 23.160 hectares, abrangendo os concelhos de Setúbal, Palmela, Alcácer do Sal e Grândola. A reserva é formada em grande parte por zonas húmidas, nomeadamente, canais, praias, dunas, esteiros e sapais (Câmara Municipal de Alcácer do Sal, 2021). Criada em 1980, visa fundamentalmente assegurar a manutenção da tendência natural do estuário, desenvolver e explorar recursos e atividades compatíveis com o equilíbrio do seu ecossistema, assim como defender valores de ordem cultural ou científica (Instituto da Conservação da Natureza, 2022).



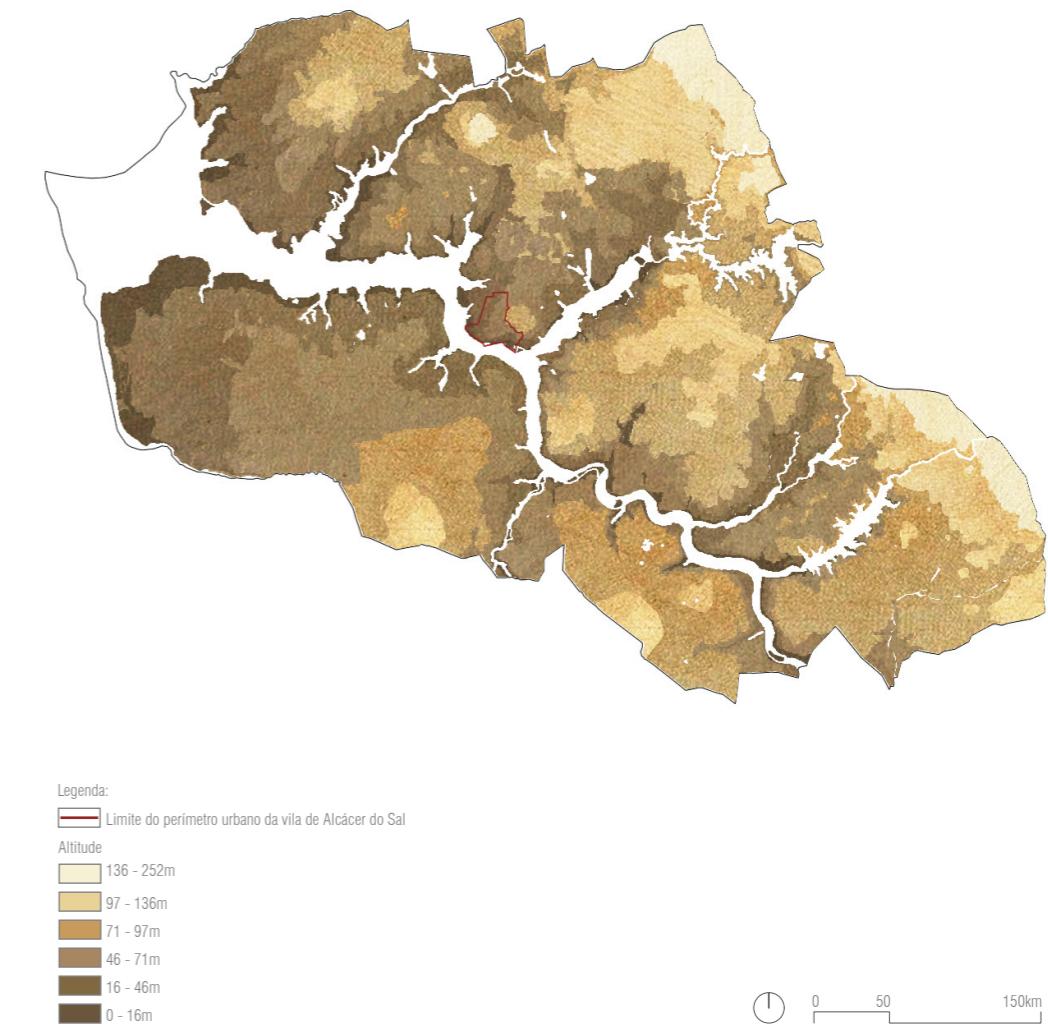
**Fig. 006.** Nuts II - Alentejo; Nuts III - Alentejo Litoral; e Concelho de Alcácer do Sal, respetivamente.  
Adaptado de Direção Geral do Território, CAOP (versão 2020).

### 3.2.1 RELEVO

O concelho de Alcácer do Sal comprehende inúmeras características paisagísticas e recursos naturais, devido à presença do Rio Sado e das suas influências ao atravessar este território ao longo de toda a sua dimensão. De um modo geral, o concelho é constituído maioritariamente por zonas de planície, embora se verifique a existência de algumas elevações que não excedem os 100/150 m de altitude. (CMAS, 2020)

Com uma altitude média de 95 m, este concelho apresenta uma variação de altitude muitas vezes mais abrupta na zona Norte, originando vales encaixados e verificando-se, assim, uma notória ondulação do terreno. No entanto, na zona Sul e Oeste do concelho, a altitude varia de forma gradual, sobretudo junto ao rio Sado. A pouca acentuação do terreno, condiciona o clima, sendo este sensivelmente mais quente e menos húmido do que o Norte do Tejo. Esta diferença climática deve-se em parte à menor latitude, mas também à ausência do fenómeno condensação/precipitação, que a quase inexistência de relevo não permite proporcionar (Ribeiro, 1967).

O município apresenta ainda algumas formações montanhosas de referência, na margem direita do rio Sado, a Norte e Este de Alcácer do Sal, nomeadamente a Serra do Barrancão (200 m), que se estende até à Serra Alta (250 m), o Vale de Asna (222 m), a Serra da Maceira (123 m), a Serrinha (183 m) e a Serra dos Clérigos (122 m) (CMAS, 2020) (fig.007).



**Fig. 007.** Mapa Altimetria do Concelho de Alcácer.  
Adaptado de Câmara Municipal de Alcácer do Sal (2020).

### 3.2.2 GEOLOGIA

A longa história de Alcácer do Sal, está relacionada intimamente com a fisiografia, e esta reflete o peculiar condicionalismo geológico do moro defensável de terrenos miocénicos levantados, em zona onde fraturas terão facilitado a instalação da sua principal via de comunicação, o Sado, de aluviões férteis, e das salinas que lhe deram nome.

Do ponto de vista geológico, a formação de Alcácer do Sal ocupa uma posição estratigráfica e pertence ao Miocénico Médio a Superior, conservando a bacia do Sado testemunhos de uma transgressão marinha. Ordenadas em sequência de granulometrias decrescentes, a nível litológico, a formação de Alcácer do Sal constitui um conjunto de camadas detriticas, compostas por conglomerados pouco espessos, mais importantes na base e na periferia da bacia; biocalcarenitos arenosos, com camadas com certo desenvolvimento; areias brancas e amarelas de grão médio a fino; níveis carbonatados e escassez a nível das argilas de minerais micáceos sobre montemorilonite, e de caulinite (Telles Antunes, 1983). Geomorfologicamente, relativamente aos relevos estruturais, é importante salientar os blocos soerguidos resultantes de depósitos das Formações de Alcácer do Sal e de Vale de Guizo. Por exemplo, o bloco onde se situam o Santuário do Senhor dos Mártires e o Castelo, correspondendo a um horst com disposição monocinal, em direção a Oeste. Outro bloco, numa posição mais elevada, entre a igreja matriz e o Palácio da Justiça, compreende depósitos da Formação de Vale de Guizo. O terceiro bloco, localizado a Nascente, apresenta-se numa posição subhorizontal e prolonga-se para além do limite da carta.

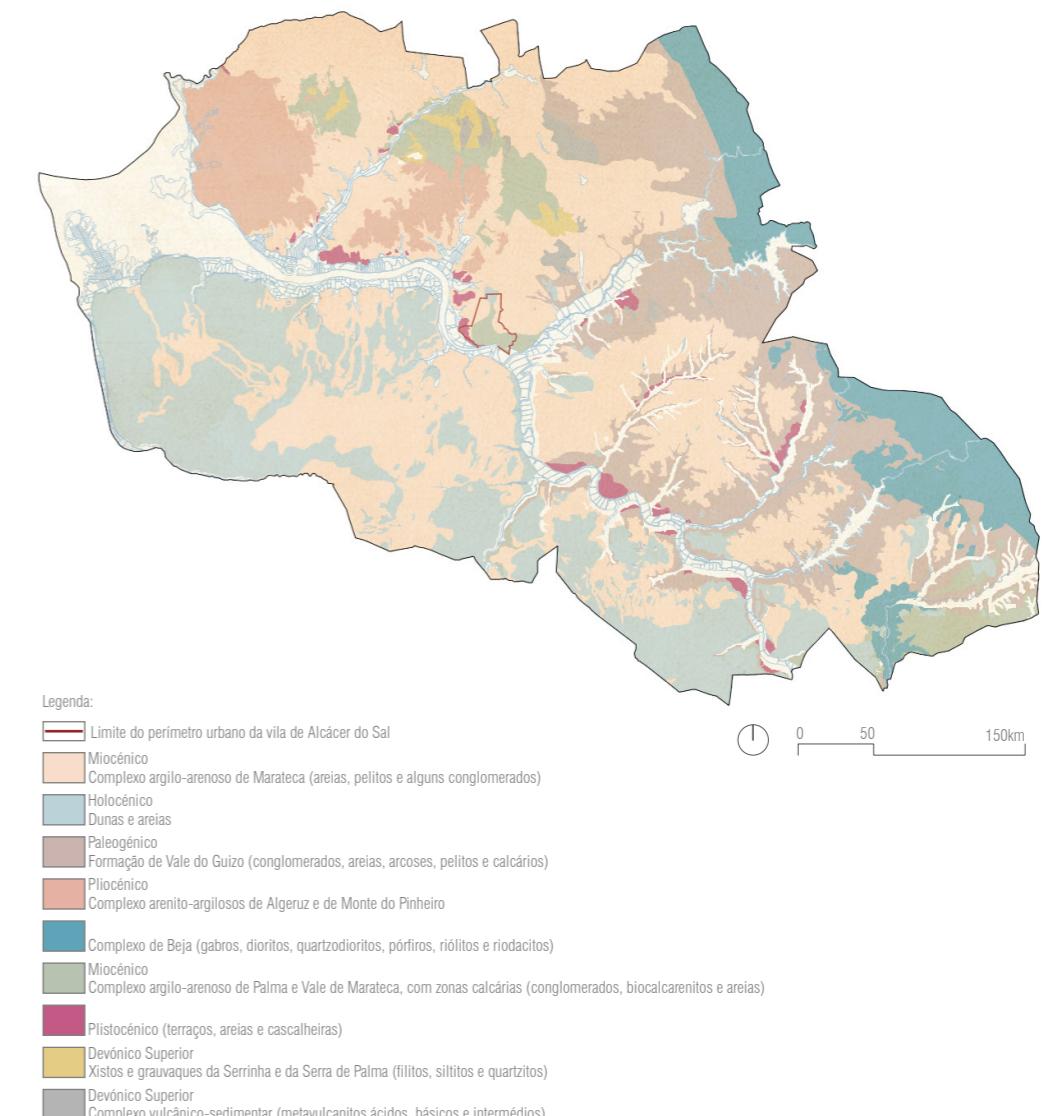
O vale do Sado em Alcácer do Sal caracteriza-se por um traçado nitidamente angular, em parte pelo condicionalismo imposto por fraturas do soco, influenciado pelo contato entre as Formações de Alcácer do Sal e de Vale do Guizo.

No que diz respeito aos recursos geológicos da região, foi registado a exploração de areias finas a médias da Formação de Alcácer do Sal. Sendo a exploração mais significativa, quantificada em milhares de metros cúbicos de areia, foi destinada à construção da base aérea de Beja. A exploração de areias com fragmentos de conchas provenientes do Miocénico marinho, merecem também especial referência, por terem sido utilizadas na construção do Castelo, no período muçulmano.

Contrastando com o número de explorações e a construção de fornos romanos, outrora existentes, nas margens do Sado, atualmente, não existem quaisquer explorações de argilas na região de Alcácer. Podendo as argilas utilizadas na época romana, ter pertencido à Formação de Marateca ou ter sido proveniente de aluviões do Sado.

Na região de Alcácer do Sal, segundo a Circunscrição Mineira do Sul, não existem pedreiras na área da folha 39-C. A atividade de construções em pedra no local, exigiu a exportação em grande parte de outras regiões. Recorrendo-se a calcários jurássicos, da brecha da Arrábida, a mármores do Alto Alentejo e a uma profusão de rochas do soco (pórfiros, dioritos, grauvaques, etc.), para estatuária, alvenaria, muros e pavimentos.

De origem local, foram utilizados bioclarenitos arenosos da Formação de Alcácer do Sal em muros, e na calçada romana do estrato VI do Castelo (século I d.C.) (fig.008).



**Fig. 008.** Mapa Geologia do Concelho de Alcácer  
Adaptado da Carta Geológica de Portugal, escala 1:50 000, Serviços Geológicos de Portugal

### 3.2.3 HIDROGRAFIA

A elaboração da rede hidrográfica do concelho de Alcácer do Sal, teve por base a rede hidrográfica constante na cartografia à escala 1/25 000, série M 888 do IGeoE (cartas n.º456, n.º457, n.º466, n.º467, n.º468, n.º475, n.º476, n.º477, n.º484, n.º485, n.º486, n.º487, n.º488).

O concelho de Alcácer encontra-se situado na bacia hidrográfica de área inteiramente portuguesa, a bacia do Sado, que abrange uma área de 7.692 km<sup>2</sup>, sendo que 649 km<sup>2</sup> correspondem aos cursos de água da plataforma litoral, encontrando-se delimitada pela bacia do Tejo a Norte, pela bacia do Guadiana a Este, pela bacia do Mira a Sul e por uma faixa costeira a Oeste que faz a drenagem direta para o mar. (fig.009).

Abundante em recursos hídricos, fazem parte do conjunto hidrográfico do concelho, o rio Sado, o rio Xarrama, principal afluente do rio Sado, a ribeira do Areão, a ribeira da Algalé, a ribeira de Odivelas, a ribeira de Santa Catarina, a ribeira de São Domingos e a ribeira da Ursa.

De grande importância para o concelho, são também de se referenciar, a albufeira de Vale do Gaio, localizada no troço final da ribeira do Xarrama, com uma capacidade total de armazenamento de cerca de 63hm<sup>3</sup>, e a albufeira do Pego do Altar, localizada no troço final da ribeira das Alcácovas, com uma capacidade total de armazenamento de cerca de 94hm<sup>3</sup>.

Atendendo à sua grande diversidade biológica, e às variadas atividades económicas tradicionais ligadas à pesca artesanal, aquicultura, salicultura, e agricultura, o concelho de Alcácer do Sal, como já referido anteriormente, encontra-se abrangido pela Reserva Natural do Estuário do Sado. O património natural identificado na região abrangida pela reserva, são também justificativos nas sucessivas ocupações deste território desde o Neolítico até aos dias de hoje.



**Fig. 009.** Mapa Hidrografia do Concelho de Alcácer  
Adaptado de Carta Militar de Portugal, escala 1:25 000, Serviços Geológicos de Portugal

### 3.2.4 CLIMA

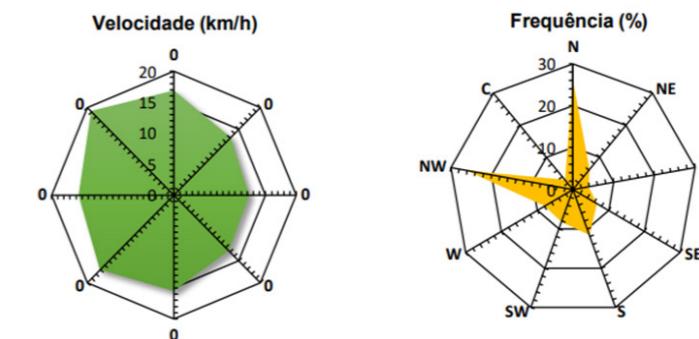
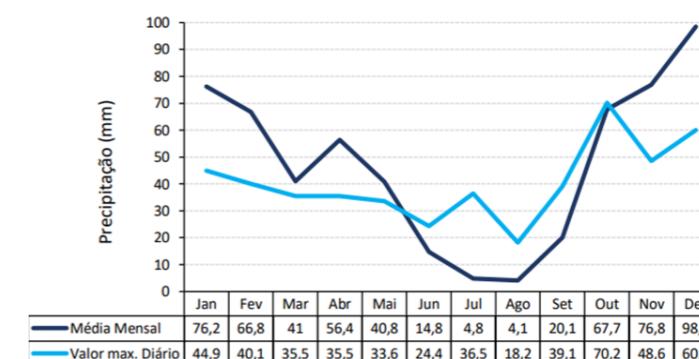
Segundo a classificação de Koppen, o clima de Portugal Continental, divide-se em três regiões: as regiões interiores do vale do Douro e sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela (exceto no litoral oeste do Alentejo e Algarve), que apresentam um clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa); e quase todas as regiões a Norte do sistema montanhoso de Montejunto-Estrela e do litoral oeste do Alentejo e Algarve, que apresentam um clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e suave (Csb); e numa pequena região do Baixo Alentejo, no distrito de Beja, que apresenta um clima de estepe fria da latitude média(BSk). Estas variações climáticas são influenciadas pela latitude, a orografia e a proximidade do Oceano Atlântico.

"(...) espaços que continuam largamente abertos às massas de ar marítimo, mas já de maneira indireta: (...) os dias ou períodos francamente atlânticos alternam (...) como os de matiz continental. As terras baixas são frequentemente invadidas por nevoeiro persistente (...) que enche as largas depressões abertas a montante das colinas do Sado (...)" (Ribeiro, 2002, p.152).

Neste contexto, o concelho de Alcácer do Sal, devido à sua localização, e ao seu relevo pouco acentuado, encontra-se na transição de dois climas, o clima temperado com um Inverno de temperaturas amenas e um Verão seco e suave no baixo vale do Sado, e o clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente mais para o sul-interior.

Em geral, ao longo do ano, a temperatura varia de 7 °C a 32 °C e raramente é inferior a 3 °C ou superior a 38 °C. Mas, no entanto, já foram registados valores mínimos de -6°(nov.1985) e máximas de 45° (julho1995).

A precipitação tem probabilidades acima dos 15% entre setembro e maio e 29% em outubro. O nível de humidade varia entre o abafado, opressivo ou extremamente húmido, durante o ano inteiro. E as velocidades médias do vento variam ao longo do ano, sendo a época mais ventosa entre outubro e agosto, onde os ventos dominantes dos quadrantes Norte, Noroeste e Oeste, podem atingir os 16,1km/h. (fig.010, IPMA 2021)



**Fig. 010.** Gráficos dos valores de precipitação média total e máxima diária, e da velocidade média (km/h) e frequência da direção do vento (%) ao longo do ano.  
IPMA 2021

### 3.3 OCUPAÇÃO HUMANA

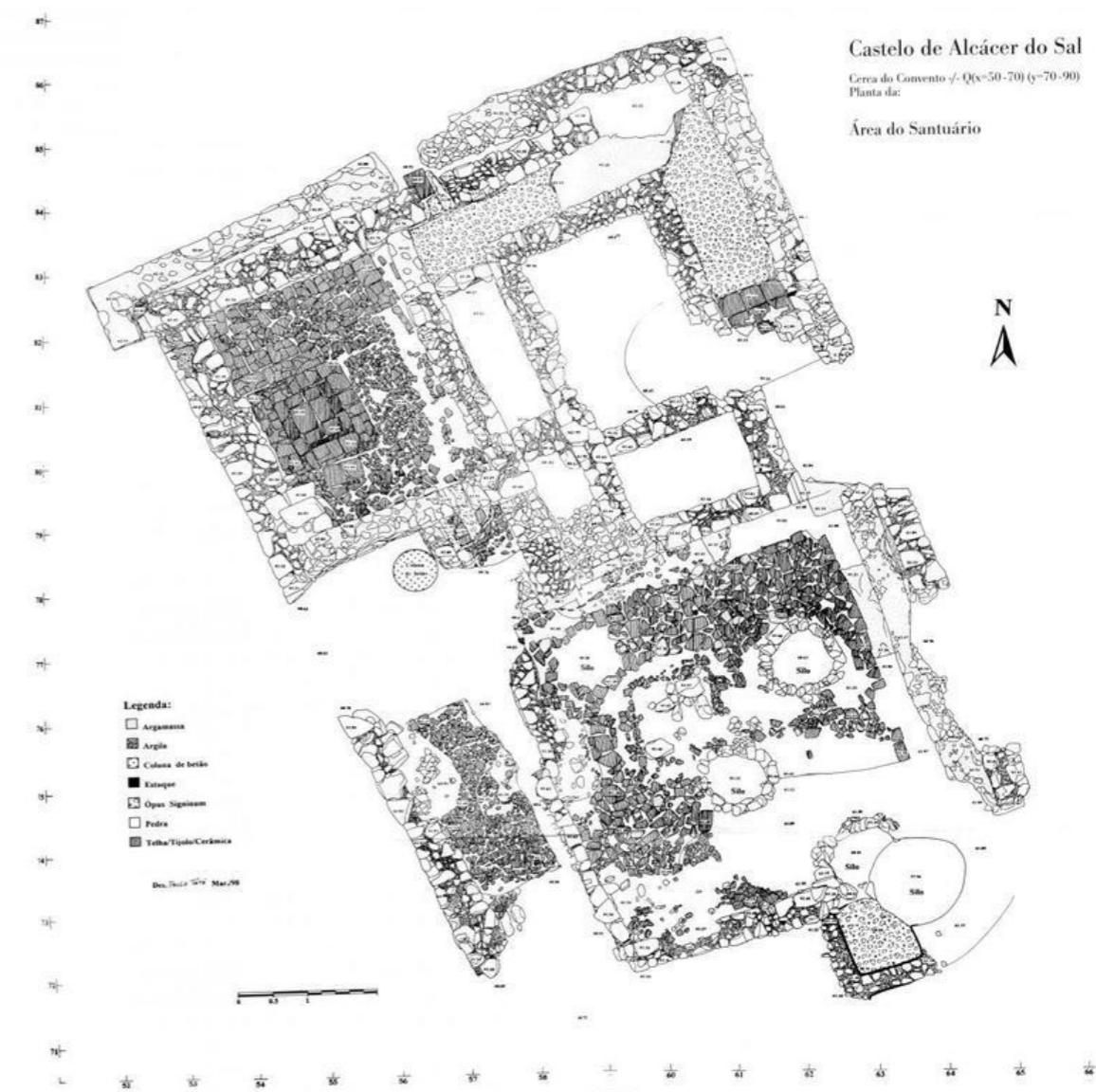
Alcácer do Sal é o resultado de duas componentes geográficas: a colina e o rio. Enquanto, durante a ocupação Romana, houve uma continua apropriação do núcleo castrejo já existente no alto da colina elevada sobre o Sado, durante o período Muçulmano, o que por si já seria um local estratégico, no seu ponto mais elevado, foi rodeado de fortes muralhas e torres imponentes. Este capítulo não é apenas dedicado ao desenvolvimento do enquadramento paisagístico, como também apresenta a evolução construtiva da fortaleza de Alcácer do Sal que ao longo das suas ocupações, foi sofrendo alterações consideráveis, perdendo em parte o enquadramento rural que o caracterizava, com o crescimento da urbanização envolvente.

#### 3.3.1 DA ORIGEM À OCUPAÇÃO ROMANA

Definir um período que se sobressaia na evolução da cidade de Alcácer do Sal é praticamente impossível. Na Idade do Ferro, onde Alcácer do Sal está localizada atualmente, existia uma significativa urbe cujo nome permanece desconhecido. Originadas por interpretações divergentes de caracteres indígenas gravados em moedas cunhadas localmente, diversos estudiosos apresentam várias hipóteses: Bevipo, Evion, Keition, Ketivion e Ketovion. Era o ponto terminal de uma rota que ligava a foz do Sado ao famoso reino tartéssio e ao mesmo tempo um porto procurado pelos comerciantes cartagineses que, no século IV a.C., trouxeram até ali cerâmica grega e objetos egípcios (Almeida e Veiga Ferreira, 1967). Deste período, é importante salientar a Necrópole do Olival do Senhor dos Mártires, junto ao antigo Castelo, objeto de investigação na década de 1920 pelo arqueólogo Vergílio Correia e na segunda metade do século XX por Cavaleiro Paixão, onde foram descobertos vasos gregos e escaravelhos egípcios do século IV a.C. (Mendonça, 1992), e, a feitoria Abul, a única estrutura visível da presença do Núcleo Fenício de Abul, edificado em meados do século VII a.C., junto ao rio Sado (Noé, 2012).

No período de influência romana, durante o século I a.C. e no século I d.C., a urbe cunhava moedas ainda em caracteres autóctones. A vinda dos romanos para a Península Ibérica inicia-se no século III a.C. integrada no quadro da rivalidade de Roma e Cartago, potências que se digladiavam pela posse do Mediterrâneo. É nesse contexto que se vai desenvolver a Alcácer romana, dando continuidade a uma povoação da Idade do Ferro. É durante este período que Alcácer é denominada de *Salatia Urbs Imperatoria*, dada a abundância de sal na sua envolvente geográfica. São inúmeros os achados arqueológicos que comprovam o domínio de Alcácer do Sal por parte dos romanos (fig.011) (Antunes M., 1983).

Após a Queda de Roma, no século V d.C., com os invasores Suevos e Visigodos entre períodos de guerra e paz, o reino visigodo vai conquistando território até que toda a Hispânia se unifique. Deste período são poucos os vestígios que comprovam a sua passagem por Alcácer do Sal, restando apenas algumas pilastres e algum capitel com decoração característica dessa época, localizados na Cripta Arqueológica do Castelo de Alcácer do Sal.



**Fig. 011.** Castelo de Alcácer do Sal. Horizonte de Época Romana. Escavações no Convento de *Aracaelli*. Aspeto do santuário, vendo-se em primeiro plano a cela do tanque. Encarnaçao, J. & Faria, J. (2002).

### 3.3.2 DA OCUPAÇÃO MUÇULMANA À ATUALIDADE

"Alcácer é uma bonita vila de grandeza média, erguida nas margens do Sado, grande rio sulcado por numerosas embarcações e navios de comércio. A vila está rodeada por todos os lados de bosques de pinheiros, cuja madeira serve para a construção de numerosos barcos. A região, muito fértil, produz em abundância lacticínios, manteiga, mel e carne" (Edrisi, século XII).

É sob o comando do general berbere Tárique que, em 715, as tropas islâmicas oriundas do Norte de África, conquistam a Península Ibérica, e enraízam a sua cultura muçulmana quer nas cidades, quer nos campos, por quase oitocentos anos, denominando o antigo reino visigótico, Hispânia, como Brab-Al-Andaluz, reino que se prolongou até à tomada por Afonso Henriques (1158). É neste contexto que Alcácer herda o seu nome árabe, Al-Qasr (a fortaleza), derivado de Qasr, que significa palácio ou castelo, nome esse que todavia perdurou. (Antunes M., 1983)

Do período de sucessivos governadores, é possível subdividir-se 4 períodos:

- Dinastia Omíada de Damasco, com o poder centrado no emirato de Córdova, a primeira povoação islâmica a conquistar Alcácer do Sal do reino visigótico (711-828);
- Posteriormente o domínio califal, da dinastia Abássida de Bagdad (828-929);
- O califado de Córdova durante o qual surgiram as primeiras taifas (929-1086);
- O domínio Almorávida, segundas taifas, e o domínio Almóada (fig.012), com o poder centrado no Norte de África (1086-1250).

As fortificações militares edificadas em taipa, surgidas no período califal, foram as principais confirmações da permanência deste reinado em Alcácer, no entanto, com as constantes batalhas contra o povo cristão, no contexto das lutas com a segunda fase de taifas, algumas fortificações foram reconstruídas, restando apenas alguns exemplos desse período, como por exemplo, o pano de muralha norte do Castelo de Juromenha. Como confirmação da fase almorávida-almóada, são exemplos das fortificações em taipas reconstruídas, o castelo de Silves e as muralhas de Alcácer do Sal.

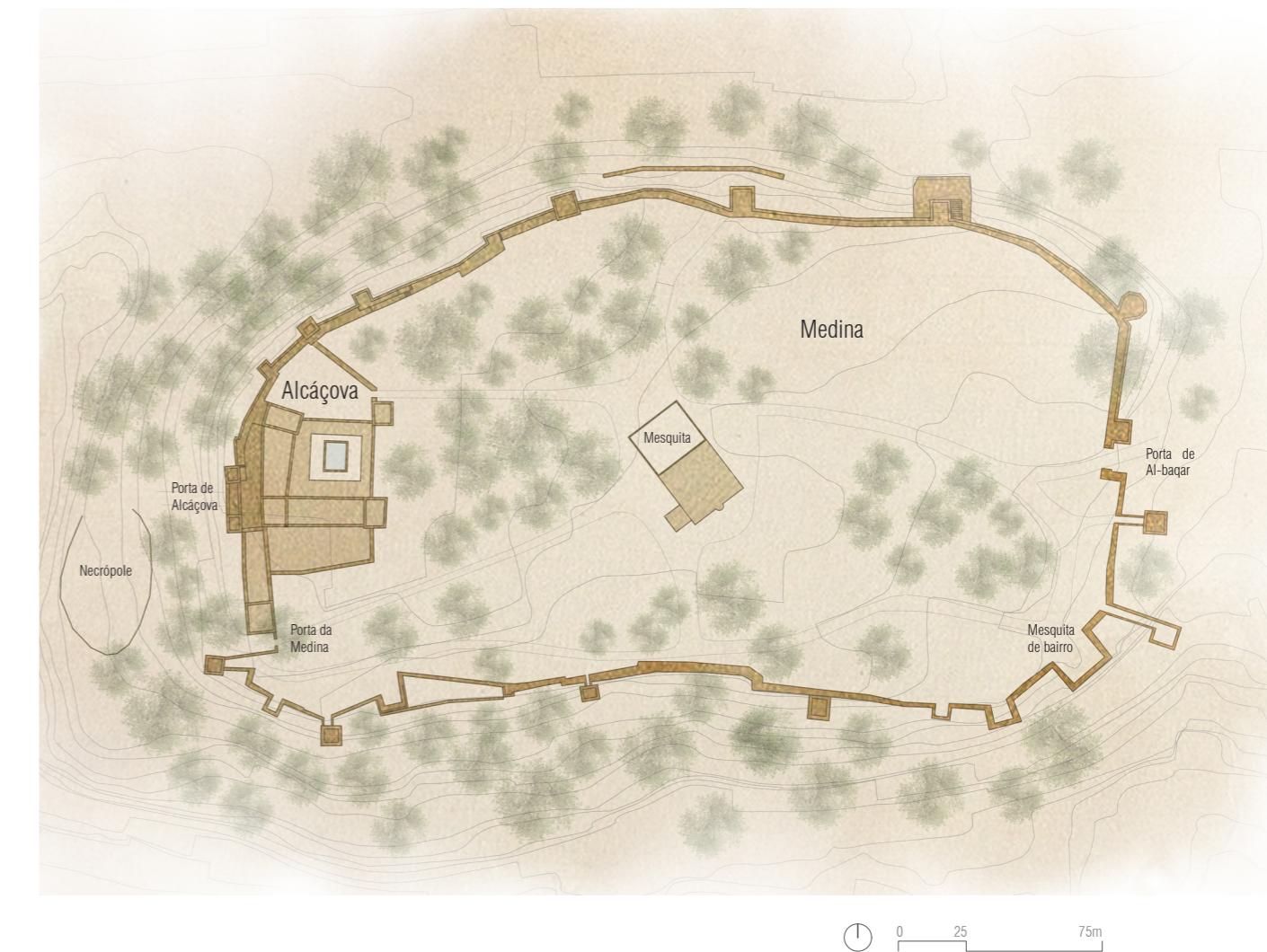
Após a reconquista cristã (1217), caracterizadora dos tempos medievais portugueses, restam ainda hoje monumentos, como a Igreja de Sta. Maria do Castelo, românica (séc. XIII), o santuário do Senhor dos Mártires, gótica, sede dos Cavaleiros de São Tiago (século XIII) e a igreja de Nossa Senhora de Aracoeli, fundada no local da mesquita privada do último Governador Almóada, Abdallah Ibn Wazir.

Aquando da instalação da Sede e Convento da Ordem de Santiago em Alcácer do Sal, assim como a reconstrução do castelo, Rui de Salema, fidalgo da Casa Real de D. Manuel I e a sua mulher, em 1570, fundaram nas delimitações do castelo, convento de Aracoeli, onde por mais de trezentos anos, foi abrigo das clarissas da Ordem de Santa Clara. Após a extinção das ordens religiosas o convento ainda se manteve em funções até à morte da última freira, no princípio do século XX.

Foi na década de 90, em estado de ruína acentuado, que se deu início às investigações arqueológicas que, ao longo do tempo permitiram aferir a evolução histórica de Alcácer do Sal, às constantes consolidações de troços de muralhas, e, em 1995, às obras da pousada, inaugurada em 1999.

A proximidade ao rio Sado, foi um dos fatores decisivos na ocupação e desenvolvimento da cidade de Alcácer do Sal. Atualmente a colina amuralhada é ocupada pela Pousada D. Afonso II, lugar da antiga fortaleza, por pequenas frações de terreno agrícola, uma dezena de habitações e alguns achados arqueológicos (Pereira M., 2000). Na envolvente das muralhas, e mais concretamente a sul, encontram-se os principais serviços públicos e comércio local da cidade de Alcácer do Sal, que acompanham o rio.

A cidade expande-se para norte e nascente, onde, acompanhando a estrada nacional que faz a ligação Lisboa - Algarve, foram consolidadas praças, quarteirões de construções diversas, bairros distintos, e grandes superfícies comerciais, cada vez mais afastados do núcleo histórico. A oeste do centro histórico, encontra-se localizada a linha ferroviária que faz a ligação de Alcácer com Lisboa e a Beja, assim como, as áreas protegidas do Estuário do Sado.



**Fig. 012.** Reconstituição hipotética da medina de Qasr al-Fath (Alcácer do Sal), em contexto Almóada, no seio da governação dos Banu Wazirí. Adaptada pela autora, com base na Planta da alcáçova (cedida pelo Gabinete de Arqueologia da Câmara Municipal de Alcácer do Sal e o estudo de Carvalho A. e Wu C., "A proto-Madrassa al Muwahhid de Qasr al-Fath/ Alcácer", 2014)

### **3.4 MURALHAS DE ALCÁCER DO SAL**

De um modo geral, o património cultural representa a herança cultural, ou seja, compreende todos os elementos materiais e imateriais que definem a cultura de um povo, região e de toda a humanidade. Entre todos estes elementos destacam-se as suas características e qualidades distintas a nível arquitectónico e artístico, as quais possuem relevância histórica e simbólica (Mendes, 2012).

O Instituto do Património Histórico e Artístico Nacional (1937) também define o património cultural como um conjunto de todos os bens, conhecimentos, práticas, expressões e produtos que remetem à história, memória e identidade de uma determinada comunidade.

A Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural 1972 (DGPC, 2021) considera que o património cultural compreende os bens imóveis, como por exemplo, os monumentos, conjuntos e locais de interesse; os bens móveis como as peças artísticas, etnográficas, científicas, arqueológicas, fotográficas, arquivísticas, entre outras; e os bens intangíveis que inclui as manifestações populares, cultos e tradições.

Neste sentido, o património cultural, transmitido de geração em geração, “(...) é constantemente recriado pelas comunidades e grupos em função do seu meio envolvente, da sua interação com a natureza e da sua história, e confere-lhes um sentido de identidade e de continuidade, contribuindo assim para promover o respeito da diversidade cultural e a criatividade humana” (UNESCO, 2003, p. 3).

Dotado de uma história onde as diferentes ocupações e progressões ao longo do tempo, contribuíram para o que é hoje, o presente caso de estudo, antigo castelo medieval, progressivamente consumido pelo tempo e pelo abandono, fosse classificado como Monumento Nacional, em 1910, após várias intervenções de consolidação e restauro, a cargo da Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.

### **3.4.1 INTERVENÇÕES**

Para compreendermos a evolução histórica das intervenções no Castelo e Muralhas de Alcácer do Sal, é essencial retroceder ao século XIX, uma vez que nesse período, muitos dos atuais monumentos históricos nacionais, classificados ou em processo de classificação, foram alvo de destruição e abandono. Todos os incidentes ocorreram em larga escala e desencadearam uma crescente sensibilização sobre a necessidade de defender e preservar o nosso patrimônio edificado.

"Ergueremos um brado a favor dos monumentos da história, da arte, da glória nacional, que todos os dias vemos desabar em ruínas. Esses que julgam progresso apagar ou transfigurar os vestígios venerandos da antiguidade que sorriam das nossas crenças supersticiosas; nós sorriremos também, mas de lástima, ..." (Herculano, 1873).

Com a instabilidade política e social vivenciada em Portugal no século XIX, devido às Invasões Francesas, o patrimônio português entrou em profundo estado de abandono e degradação, durante um período de quase 100 anos.

Durante o mesmo período, apesar da falta de interesse no patrimônio arquitetônico nacional, ocorreu um processo gradual de identificação e categorização dos monumentos nacionais. A partir de 1840, por iniciativa da Inspeção de Obras Públicas do Ministério do Reino e, posteriormente, do Ministério das Obras Públicas (1852), desenvolveu-se uma abordagem fundamentada nos princípios teóricos do restauro no patrimônio arquitetônico, estes propostos pelo arquiteto parisiense Viollet-Le-Duc. Neste contexto, começaram a surgir avanços na defesa e preservação do patrimônio nacional, com foco particular na recuperação e valorização do estilo Gótico. As intervenções, que se iniciaram entre 1842 e 1860, foram executadas no Mosteiro da Batalha e no Mosteiro dos Jerónimos, em Lisboa, respectivamente.

Com a proclamação da república em 1910, o país é dividido em três circunscrições, Lisboa, Coimbra e Porto, cada uma delas com o respetivo Conselho de Arte e Arqueologia, onde tiveram como principal objetivo a classificação, preservação e conservação dos monumentos nacionais. Surgindo assim a primeira lista de imóveis classificados.

Posteriormente, na década de 20 do século passado, o Ministério das Obras Públicas criou a Administração Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (AGEMN), que conduziu diversas intervenções em monumentos nacionais de significativo valor histórico. Estas intervenções abrangeram locais como a Catedral de Lisboa, o Mosteiro de Odivelas, o Palácio de Belém, o Palácio de Sintra, o Castelo de Leiria e o Convento de Cristo em Tomar.

"... vitoriosos contra a incúria e a degradação a que a monarquia liberal e a república os tinham votado, afirmavam a restauração nacional que combatia a degenerescência dos valores e a perda de memória ..." (Tomé, 2010; 167).

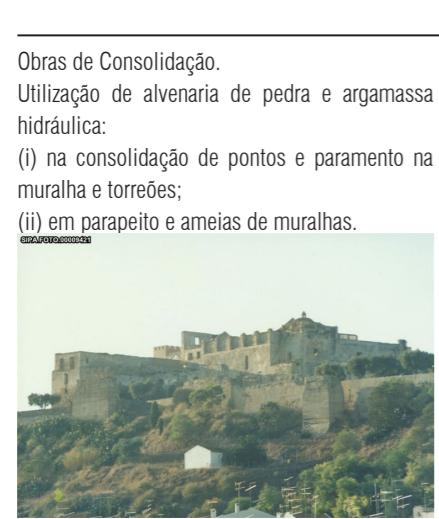
A Primeira República Portuguesa foi o resultado da Revolução Militar de 1926, dando origem à Ditadura Militar e, posteriormente, ao Estado Novo. Com a instauração deste novo regime em 1929, é fundada a Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN). Posto isto, influenciada pelos critérios de recriação arquitetônica de Viollet-Le-Duc, a DGEMN está encarregue de elaborar projetos completos de restauro, reparação e preservação de uma variedade de tipologias, desde igrejas e capelas até castelos e paços reais, de diversas épocas e estilos. Para além disso, também executa os projetos e atualiza o inventário geral desses mesmos imóveis. A atuação nos monumentos arquitetônicos, determinada pela DGEMN durante as décadas de 30 e 40, passa por algumas mudanças com a contestação do arquiteto Raul Lino, apoiado nos ensinamentos de John Ruskin, que preconizava a conservação e valorização do patrimônio arquitetônico, considerando as transformações ao longo da história, neste caso o oposto à ideia de "unidade de estilo" de Le-Duc.

Após a Segunda Guerra Mundial, as intervenções nos monumentos nacionais deixam de se limitar a questões de restauro e preservação. Surge assim a necessidade de adaptá-los a novas funções, não só para garantir a sua manutenção e evitar a degradação, mas também para atrair um maior número de visitantes, nacionais e estrangeiros, proporcionando benefícios tanto para o monumento quanto para o país (Castelo de Óbidos, Boletim da DGEMN 1952).

Na década de 60 do século passado, surge o desejo de modernizar os antigos serviços e, consequentemente, "o alargamento da noção de patrimônio e o acentuar de uma perspectiva cultural e distanciada na relação com a história, estimulada pelas convenções internacionais, desde a Carta de Veneza, em 1931" (Caminhos do Património - op. cit., p.179) e, mais tarde, com a Carta de Veneza em 1964.

Neste sentido, fortalece-se a preservação e valorização dos monumentos nacionais ou imóveis de interesse público. Já na década de 90, destaca-se a atual Pousada de D. Afonso II, em Alcácer do Sal, da autoria de Diogo Lino Pimentel, demonstrando uma abordagem diferente ao patrimônio, pois define uma linha de atuação que enfatiza a importância do conhecimento histórico do objeto, compreendendo e respeitando o contributo das diferentes épocas.

No seguimento da atuação da DGEMN, de seguida, é apresentada a cronologia com apresentação de algumas fotografias e imagens da época (fig.013-020) com detalhe das intervenções realizadas no Castelo de Alcácer do Sal num período compreendido entre 1935 e 1988, através da leitura de boletins e análise de fotografias e desenhos que os acompanhavam.



**Fig. 013.** Castelo e muralhas de Alcácer do Sal  
Adaptado de DGEMN (1930).

1935

Obras de Consolidação.  
Utilização de alvenaria de pedra e argamassa hidráulica:  
(i) na consolidação de pontos e paramento na muralha e torreões;  
(ii) em parapeito e ameias de muralhas.

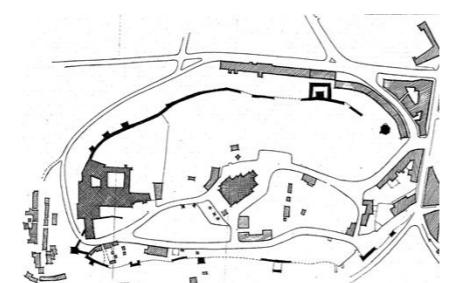
1958

Obras de Consolidação de Muralhas.  
Demolição de alvenarias de pedra e de taipa nas zonas mais ameaçadas e em perigo de ruína compreendendo limpeza e empilhamento de material aproveitável.  
Utilização de alvenaria hidráulica em fundações para recalcar muralhas e em elevação para suporte de taipa de acordo com o existente, empregando pedras de grandes dimensões ligadas com argamassas de cimento e areia ao traço de 1:4 – Zona sul.

1959

Obras de Consolidação de Muralhas – Zona Sul.  
Reconstrução de ameias, conforme as existentes, em coroamento de torres e muralhas, empregando alvenaria hidráulica com argamassa de cimento e areia, ao traço de 1:4.

1961



**Fig. 014.** Planta do Castelo e Muralhas.  
DGPC (1961).

1963

Obras de Consolidação de Muralhas - Zona Norte.  
Desmonte de alvenaria de uma torre do lado norte, sobranceira às habitações.  
Utilização de alvenaria no recalçamento de muralhas com um paramento visto, deixando a pedra enfiadas horizontais não regulares e com as reentrantes, sem afagamento das argamassas e utilizando pedra das pedreiras de Grândola.  
Reparação de paramentos, incluindo retirar rebocos e encascalhar com pedra velha.

1966

Obras de Consolidação de Muralhas - Zona Poente.  
Apear alvenarias aluídas, refazê-las parcialmente incluindo execução de suporte de betão ciclópico embebidos na muralha de taipa.  
Encasque e refechamento de juntas com pedra de alvenaria à vista assente com argamassa de cal hidráulica, cimento e areia ao traço 1:0, 5:3.  
Drenagem das águas pluviais incluindo execução de valas de modo ao completo desvio das águas junto das muralhas.

1967

Obras de Consolidação de Muralhas - Zona Sul.  
Escoramento de cobertura da igreja junto das muralhas de modo a evitar a sua derrocada e consequente arrastamento das alvenarias.

1969

Trabalho de Consolidação Urgentes.  
Limpeza de todas as ervas e raízes incluindo rebocar todas as alvenarias que se encontrem com os rebocos aluídos na zona da igreja e muralhas dos lados Poente e Nascente.  
Execução de cintas de Betão armado em todos os coroamentos das paredes exteriores e interiores com travessamentos de 2 em 2m e de modo que a sua visibilidade seja disfarçada com reboco na cor velha dos existentes.  
Refechamento de fendas e enchimento de todas as alvenarias descarnadas (retirando e picando as argamassas aluídas) com argamassa de cal branca, cimento e areia ao traço de 1:0, 5:3.

Obras de Consolidação, de troços instáveis, nas Muralhas do Castelo.  
Recavação na remoção das terras para alargamento dos vazios para o recalçamento de muralhas.  
Utilização de alvenaria hidráulica ao traço de 1:5, em volume no recalçamento das fundações, enchimento de vários nos paramentos da muralha, acabando a superfície de alvenaria "gateada" com argamassa de cal ao traço de 1:2. Construção de alvenaria hidráulica no enchimento de vários no paramento, sem necessidade de escavação, refazendo o paramento da parede de modo a esconder toda alvenaria imitando tanto quanto possível a taipa, ensaiando para isso a argamassa (argilas e areia local) com cor e consistências adequadas.

1971

Trabalhos de Consolidação.  
Continuação da conservação das muralhas em taipa e em alvenaria. - Zona Norte.  
Elevação dos torreões, em alvenaria de taipa. Utilizando taipais com 45 cm de altura, deixando a junta aparente, sendo a alvenaria constituída por argamassa de cal, cimento, areia, e pedra constituída por pequenos elementos ou burgau, e restos de cerâmica. - Zona Este.  
Encasque da torre do Relógio. - Zona Sul.

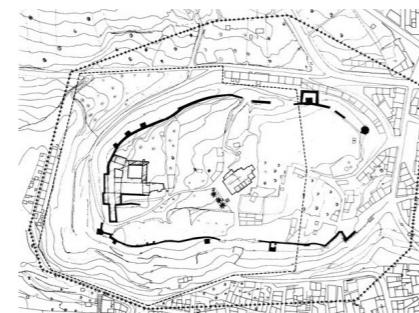


Fig. 015. Planta do Castelo e Muralhas.  
DGPC (1972).

Obras de Conservação nas Muralhas.

Escavação em terras compactas com baldeação a 2 m de distância, e para nível inferior ao da cota de trabalho.

Construção de alvenaria de Betão ciclópico ao traço de 250 kg de cimento, 400 l de cal e 800 l de inertes na reconstrução de fundações e elevação, mas construindo com, alvenaria de pedra à vista os troços que se considerem de parede romana, para o que se procurará pedra proveniente de desmoronamentos das próprias muralhas, a recolher no recente do castelo, e acabada conforme troços já reconstruídos em fase anterior e instruções a indicar durante o trabalho e segundo as condições que se forem aproveitando.

Construção de muros de taipa ou elevação, com juntas horizontais aparentes, afastadas de cerca de 60 cm a acertar pelos afastamentos dos fiados existentes, introduzindo na massa detritos de pedreira ou de cerâmica, limpos de terras e argilas, sendo um dos paramentos encostado às terras e montante e o pagamento à vista moldado por taipal liso utilizando traço de 250 kg de cimento, 400 l de cal e 800 l de inertes, por metro cúbico de muro, deixando junto à base "agueiros" afastado de 1,8 m:

- (i) face da torre separada da muralha;
- (ii) torre do Relógio;
- (iii) muralha que segue a Torre do Relógio;
- (iv) reconstrução de coroamentos das muralhas lado noroeste.

Encasque com argamassa de cal e cimento enchendo as superfícies varadas, afagando com talocha em movimento horizontal seguindo o alinhamento das fiadas antigas.

Canalização em muralhas de betão de 20 cm de diâmetro para esgoto de águas pluviais e ligação ao esgoto Público, na zona do ângulo sudeste do recinto do castelo, incluindo abertura e tapamento da vala.

Nota: nas zonas onde há exclusivamente taipa, pode fazer-se exclusivamente taipa, procurando saibros e areias de diversas colorações, que existem na região, e que misturadas com cimento e cal e detritos de pedreiras e de cerâmicas se obtém aspeto semelhante ao da construção existente.

1973

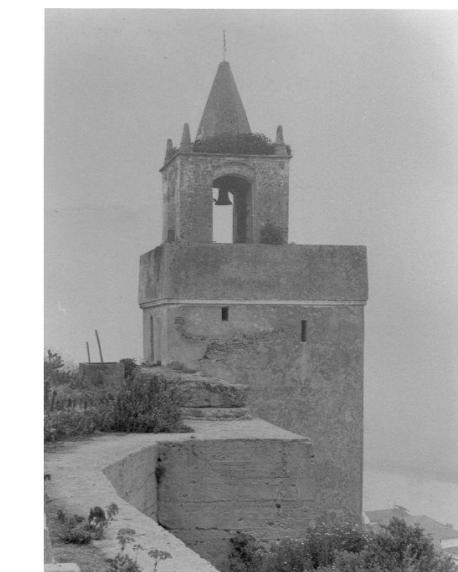


Fig. 016. Torre Albarã | Torre do Relógio século XI/XII  
Fundo Documental CIMAL.

Trabalhos de Conservação - recalçamento da muralha a Poente da Torre do Relógio e elevação da taipa até ao nível do arruamento.  
Escavação das terras soltas nas cavidades da fundação da muralha, e espalhamento das terras na encosta.  
Demolição da taipa na preparação da base para assentamento da nova taipa para elevação da muralha.  
Construção de alvenaria de taipa no enchimento das cavidades da fundação.  
Construção de alvenaria de taipa semelhante à existente, empregando detritos de cerâmica, calhaus rolados e materiais diversos para dar a muralha o aspeto de muralha existente, incluindo os trabalhos complementares.  
Recalçamento de um maciço de muralha junto à rua de entrada para o castelo, incluindo remoção de terras e alvenaria, refechamento de juntas, ou falhas em paramentos na zona Poente, a alturas diversas. - Zona Oeste.

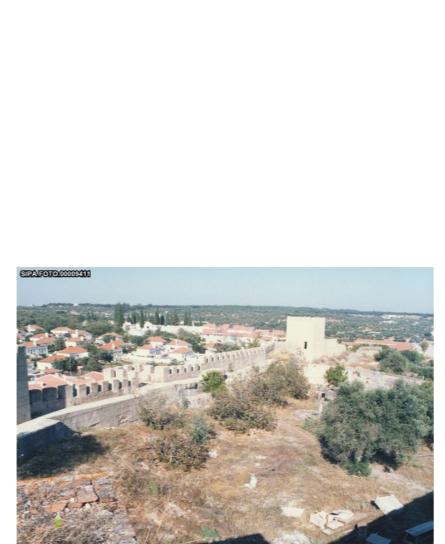
1975

Reconstrução de panos de muralha.  
Demolição do coroamento das muralhas, incluindo a remoção dos entulhos.  
Construção de muro de suporte para a execução do adarve das muralhas, em alvenaria de pedra, incluindo fundações.  
Execução do paramento exterior do adarve com o encosto de taipais, ficando com juntas horizontais iguais das existentes nas restantes muralhas.  
Enchimento da zona interior do adarve, por camadas, incluindo o seu batimento.  
Construção do pavimento do adarve empregando betonilha do tipo que se aplica nos paramentos das muralhas.  
Construção da alvenaria de taipa com juntas horizontais a acertar pelas fiadas existentes, com o encosto de taipais, devendo esta alvenaria apresentar uma textura de cor semelhante à muralha antiga.  
Encasque profundo do paramento exterior das muralhas, ficando regularizado com encosto de taipais e com juntas horizontais a acertar pelas fiadas existentes. Este encasque deverá ficar com uma textura e cor semelhantes à muralha antiga.

1982

Obras de Beneficiação.  
Escavação manual em terras compactas para pôr a descoberto fundações das muralhas de torreão, que se encontra totalmente em ruínas incluindo a remoção dos produtos escavados.  
Consolidação da base das muralhas e respectivas fundação, empregando Betão ciclópico, trazendo ao mesmo tempo o paramento para o seu alinhamento primitivo, incluindo taipa no respectivo escoramento.  
Limpeza e remoção da alvenaria de taipa, soltas, na zona da muralha em que será necessário fazer a sua consolidação, criando para o efeito superfícies com aderência para os materiais a empregar.  
Regularização de paramento exterior da muralha, com encosta de taipais e juntas horizontais aparentes a acertar pelas existentes esta regularização deverá ficar com uma textura e cor semelhante à alvenaria antiga.

1983



**Fig. 017.** Muralhas de Alcácer do Sal, vista Oeste DGEMN (1985).

1985

Obras de Defesa e Valorização.  
Demolição de alvenarias que estão construídas por cima do parapeito e ameado das muralhas, incluindo o aproveitamento das pedras, baldeação e transporte dos entulhos sobrantes para o vazadouro.  
Picagem de argamassas existentes no paramento exterior das muralhas, incluindo a lavagem das alvenarias, remoção dos entulhos para o vazadouro.  
Escavação em Terra dura na abertura de fundação para a Parede de alvenaria a construir entre os 2 torreões, incluindo a remoção dos entulhos para o vazador.  
Encasque profundo no paramento exterior das muralhas e torreões, tendo como acabamento final o aspecto da taipa existente.  
Reconstrução de alvenaria de pedra nas muralhas do Torreão.  
Reconstrução de ameias em alvenaria de pedra, incluindo o acabamento final no tipo taipa.  
Encasque profundo no paramento exterior da muralha, tendo como acabamento exterior o aspecto de taipa feito com encosto de taipais apropriados.

Obras de Defesa e Valorização 2<sup>a</sup> fase – Reconstrução do Torreão.  
Demolição do que resta das paredes laterais do Torreão, junto das fundações, devido ao mau estado em que estão incluindo remoção dos entulhos para vazadouro.  
Escavação em volta das fundações do torreão para ser feita a sua consolidação e reforço, incluindo a remoção dos entulhos para o vazadouro.  
Consolidação das fundações do torreão em enchimento de Betão ciclópico.  
Reconstrução do torreão, levantando muralhas em alvenaria de pedra como acabamento exterior e imitação de taipa feita com o encosto de taipais, como está feito nas restantes muralhas que já estão recuperadas.  
Construção de cintas de travamento em Betão armado (B180 A24) para reforço e amarração das muralhas do torreão, incluindo as respectivas cofragens.  
Construção de ameias no torreão com alvenaria de pedra e acabamento com encosto de taipais para dar o aspecto de taipa.  
Encaixe profundo no paramento exterior da muralha, tendo como acabamento exterior o aspecto de taipa feito com um encosto de taipais apropriados.  
Construção de ameias com alvenaria de pedra e acabamento com encosto de taipais para dar o aspecto de taipa.

1985



**Fig. 018.** Torreão - Alçado Sul  
Fundo Documental CIMAL.

Obras de Reparação em Muralhas.  
Limpeza em paramentos das muralhas, retirando arbustos, plantas, materiais em desagregação, criando uma superfície que possa receber os encasques de consolidação e acabamento final na zona a recuperar.  
Encasque médio nos paramentos exteriores da muralha e acabamento final imitando a taipa existente incluindo taipas para cofragem.  
Encasque profundo com enchimento de alvenaria nos paramentos da muralha e acabamento final imitando taipa existente incluindo taipas para cofragem.  
Construção de alvenaria em elevação com dois paramentos vistos e acabamento a imitar taipa incluindo taipas para cofragem.  
Construção de alvenaria em elevação com quatro paramentos vistos, em ameias e acabamentos a imitar taipa.  
Limpeza final do local de trabalhos e remoção de entulhos ao vazadouro.

1988

1995

Início das obras de construção da Pousada, e escavações arqueológicas.



**Fig. 019.** Vista interior claustro do castelo  
DGEMN.



**Fig. 020.** Fórum Salácia  
Gabinete de arqueologia da CMAS.

1987

Obras de Beneficiação em Muralhas.  
Encasque profundo e reboco nos paramentos exteriores e interiores do torreão com acabamento de taipa.  
Reconstrução de ameias em alvenaria de pedra e acabamento exterior imitando a taipa antiga.  
Picagem de argamassas velhas nos paramentos Exteriores e interiores do torreão.  
Escavação em Terra dura junto ao paramento interior da muralha para sondagens, incluindo a reposição das terras.  
Consolidação de alvenarias existentes na base das muralhas com a execução de sapata em betão ciclópico.  
Limpezas na base das muralhas com a remoção de arbustos.

### **3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO**

Face aos antecedentes que se acabaram de descrever nos anteriores pontos, constata-se que as muralhas tiveram a influência de vários povos, com a utilização de diferentes técnicas construtivas, quer em taipa militar, quer em alvenaria de pedra, e com a utilização de rebocos à base de cal aérea.

No último século, várias foram as intervenções de consolidação realizadas, nas quais se encontra, o uso do ligante Cimento Portland. A utilização deste material, vem contrariar a Reversibilidade de anteriores intervenções de consolidação, assim como, considera a utilização de um material com comportamento muito diferente do da cal aérea.

Torna-se necessário comparar esta informação, através dos ensaios realizados no seguinte capítulo.

## 4

### METODOLOGIA

As muralhas de Alcácer do Sal, resultam de diferentes etapas de melhoria, evolução, reformulação, consolidação e restauro, decorridos desde a Idade Média, até aos nossos dias. Começando com a edificação do Palácio fortificado no século IX, passando pela sua adaptação aos Paços da Ordem de Santiago no século XIII, pela implantação do Convento Carmelita *Aracoeli*, no século XVI, à atual Pousada D. Afonso II, inaugurada em 1998 (CMAS, 2020). Definidos os conhecimentos desta arquitetura militar, através da investigação bibliográfica, ao mesmo tempo que se aprofundou o conhecimento sobre o território de Alcácer do Sal, e a sua valorização enquanto Património, abre-se agora espaço para a investigação central do trabalho, do modo como se apresenta no índice: inspeção visual e levantamento de anomalias, amostragem, ensaios e análise dos resultados, estratégia e considerações finais.

A metodologia adotada consistiu, primeiramente, na definição das zonas a analisar. Para a definição das zonas a analisar, foi realizada uma visita ao local com as orientadoras e o Senhor Diretor de Serviços da DRCA no dia 18 de março de 2021. Salienta-se que o tempo disponível para a realização de uma Dissertação de Mestrado é relativamente curto, não sendo possível, em tempo útil analisar toda a muralha. Por sua vez, a presença do Senhor Diretor de Serviços da DRCA foi indispensável para a validação das zonas a analisar, e consequente autorização da recolha das amostras. Além destes aspetos, a seleção das zonas também teve em consideração os locais de atuação indicados nos relatórios da DGEMN (capítulo 3.4). No decurso dessa visita ficaram definidas 5 zonas, as quais são as que estão assinaladas na fig.021. Sendo a Zona 1, pano de muralha a norte, pertencente ao século XIII, não sofrendo quaisquer intervenções até a data de hoje, apresentando-se em elevado estado de degradação. Localizada a este, a Zona 2, que segundo os relatórios, teve a sua última intervenção no ano de 1966. A Zona 3, a intervenção mais recente, realizada em um dos torreões, no ano de 1985. A Zona 4, pertencente ao pano de muralha mais a sul, intervencionado no ano de 1959. E por fim, a Zona 5, o pano amuralhado localizado a oeste, que desenha um dos limites da Pousada D. Afonso II, intervencionada no ano de 1972.

Para cada uma das zonas, foi realizada: a inspeção visual e levantamento das anomalias, a recolha de amostras dos rebocos, a caraterização química das amostras, e apresentada uma estratégia de intervenção.

Na inspeção visual e levantamento das anomalias foi realizado o registo fotográfico dos locais em que foi possível aceder em segurança. Foram realizadas algumas medições e levantamentos, para além da visualização dos materiais aí existentes e anomalias. Ao todo foram realizadas 7 visitas ao local. Para a realização deste ponto houve muitas limitações devido ao acesso e altura das muralhas.

À medida que iam sendo recolhidas as amostras, as mesmas foram catalogadas e registaram-se os locais de onde foram retiradas. Foram recolhidas o seguinte n.º de amostras por zona:

- Zona 1: 2 amostras;
- Zona 2: 6 amostras;
- Zona 3: 4 amostras;
- Zona 4: 1 amostra;
- Zona 5: 5 amostras

O número de amostras variou em função da situação em que se encontrava a muralha. Posteriormente, as amostras foram transportadas para o Laboratório Hércules da Universidade de Évora para serem analisadas sob o ponto de vista químico, mineralógico e microestrutural, de acordo com a metodologia que tem vindo a ser desenvolvida e aplicada em diversos casos de estudo de património. Os ensaios realizados a cada uma das amostras foram: o registo fotográfico, a observação à lupa binocular, a preparação de superfícies polidas e posterior análise por microscopia ótica (MO) e microscopia eletrónica de varrimento com espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS), a moagem e preparação de amostra para análise por difração de raios X (DRX) e análise termogravimétrica (ATG) e o ataque ácido e análise granulométrica.

Tendo em conta a distribuição espacial desta arquitetura militar, os resultados da inspeção visual, do levantamento das anomalias e da caraterização das amostras procedeu-se à definição de uma proposta de estratégia de intervenção que se encontra indicada no Capítulo 7.



Fig. 021. Ortofotomap com identificação das zonas onde foram recolhidas as amostras.  
(Adaptado de Google Maps, Imagem de fevereiro de 2024)

- Muralhas
- Escavações Arqueológicas
- Ruínas
- Passo do Alto de São Miguel

0 10 30m

# 5

## INSPEÇÃO VISUAL E LEVANTAMENTO DE ANOMALIAS

### 5.1 ZONAS DE RECOLHA DAS AMOSTRAS

#### ZONA 1

Tal como já descrito anteriormente este troço de muralha faz parte das limitações do cerco amuralhado da medina, ou seja, edificado em taipa militar, não sofrendo qualquer intervenção por parte de DGEMN, é reconhecido como sendo uma zona primordial do período Almóada séculos XI-XII. Reforçado com materiais cerâmicos, revestida em ambas as faces com cal áerea. Apresenta um grande estado de erosão com vestígios de vegetação.

Foi uma zona crucial para a recolha de amostras visto que as técnicas construtivas utilizadas datam a fase primordial desta fortificação. Deste local foram recolhidas as amostras identificadas como ALC1 A e ALC1 B.

#### ZONA 2

Identificada como uma zona bastante exposta aos agentes atmosféricos, apresentando diferentes estados de erosão, devido à sua localização, esta zona, constituída por alvenaria de pedra em grandes dimensões na face exterior mal aparelhada, e alvenaria de pedra mal aparelhada misturada com tijolos no interior, com capeamento de pedra argamassada como acabamento. Deste local foram recolhidas as amostras identificadas como ALC2 E, ALC 2I, ALC 3, ALC 4 E, ALC4 I e ALC 5.

#### ZONAS 3 e 4

Alvo de obras de consolidação e restauro por parte da DGEMN, reconstruído em alvenaria de pedra, com acabamento em taipa, este torreão, foi identificado, com zona de recolha de amostragem devido às patologias identificadas anteriormente, e à notória presença de agregados de grandes dimensões na constituição dos rebocos. A recolha foi feita em duas zonas distintas do torreão. Sendo as amostras ALC 6E, ALC 6I, ALC 7E e ALC 7I recolhidas na zona interior, superior, do torreão, e a amostra ALC 8E, recolhida na zona exterior, inferior do torreão.

#### ZONA 5

Esta zona foi identificada como sendo parte do pano amuralhado que faz a transição dos limites da Alcáçova com os limites a oeste da medina em época islâmica. Toda esta zona foi edificada no período califado de Córdoba século X onde os materiais identificados na edificação de algumas torres e panos de muralha foram a pedra média aparelhada, disposta em fiadas paralelas, ligadas por argamassas, consolidadas nas juntas por pedra miúda e fragmentos de tijolo, e durante o período almóada (século XI), onde foi utilizada a taipa militar com embasamento em silharia de pedra para sustar os taipais. Hoje em dia todo esse limite amuralhado encontra-se bastante modificado quer pelas intervenções do DGEMN quer pelo desaparecimento de algumas torres ao longo do tempo.

Os trabalhos de restauros executados pela DGEMN durante o período de 1953-1988 basearam-se na demolição de alguns troços de muralhas em ruínas que apresentavam risco de derrocamento, na reconstrução de algumas torres, de raiz, onde foi utilizada a taipa na sua construção, de modo a manter congruente a mesma técnica de construção do restante edificado e no revestimento de todo o limite amuralhado com uma grande concentração de argamassa reforçadas com pedaços de tijoleira e pedra (Chagas, 1995). Durante as visitas ao local foram reconhecidos britados de forma irregular, em algumas zonas em grandes concentrações e dimensões o que foi identificado como uma das principais causas da fraca aderência presente em toda esta zona do recinto amuralhado. Deste local foram recolhidas as amostras identificadas como ALC 9E, ALC 9I, ALC 10R, ALC 10T, ALC11 I, ALC 11 Ee e ALC11 Ei.

### 5.1.1 ZONA 1

Localizada na zona norte dos limites amuralhados de Alcácer do Sal, edificada em taipa militar, com a função de limitar o cerco da antiga medina Almóada do século XI, este troço de muralha, apresenta dimensões com cerca de 1,50m de espessura e 6,00m de altura.

A partir da inspeção visual, foi possível observar o elevado estado de degradação em que este troço se encontrava. Foi observada a ausência de parte da muralha, nomeadamente do muro, rebocos e capeamento (fig.022). Os existentes apresentavam elevado grau de degradação devido à erosão (fig. 022). Ao nível de materiais constituintes dos muros, foi possível identificar a taipa como elemento construtivo, contendo agregados de pequenas dimensões (na ordem dos 4-2mm) e grãos de cal, com dimensões até os 2cm (fig.023).

Ao nível da face exterior do muro existia a presença de líquenes (fig.024) e vegetação.

Na fig.025 encontram-se assinaladas as anomalias na zona 1 em estudo.

Nesta zona foram recolhidas as amostras ALC1A e ALC1B conforme localização indicada na fig.026.



Fig. 022. Vista Zona 1.

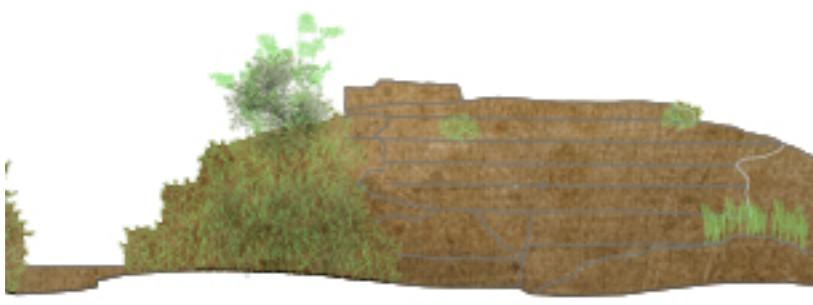


Fig. 023. Amostra ALC 1A.



Fig. 024. Amostra ALC 1B.

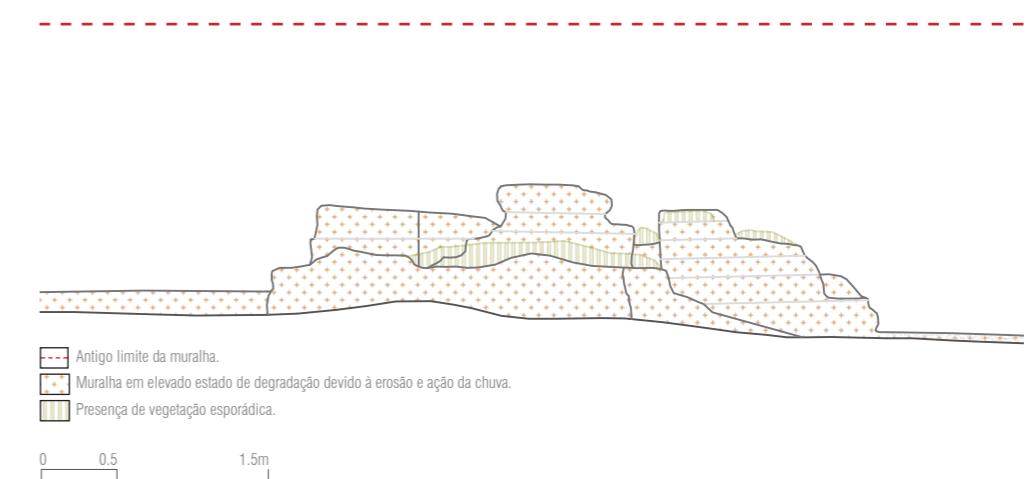


Fig. 025. Identificação das anomalias presentes na zona 1.

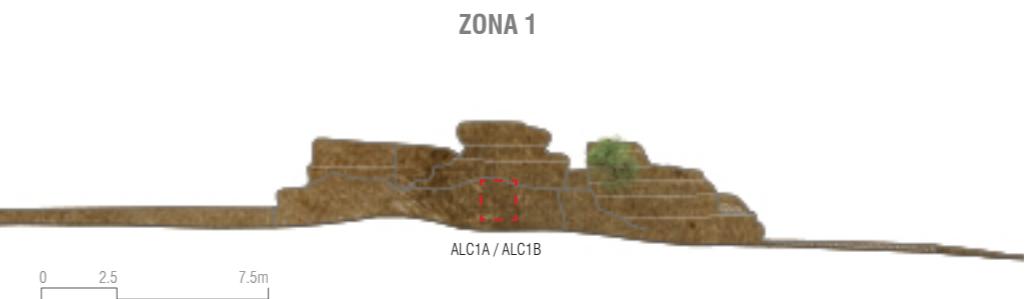


Fig. 026. Alçado Norte vista interior - localização da recolha de amostras.

## 5.1.2 ZONA 2

Alvo de obras de consolidação e restauro, por parte da DGEMN no ano de 1966, o troço de muralha localizado a sudeste das muralhas de Alcácer do Sal, identificado como zona 2 (fig.027), apresenta dimensões com cerca de 1,50m de espessura e 2,00m de altura.

Nesta zona foram recolhidas as amostras ALC2E, ALC2I, ALC3, ALC4E, ALC4I e ALC5 (fig.028).

As muralhas nessa zona, bastante erodida (fig.029), são constituídas por: alvenaria de pedra, bem aparelhada nos cantos com silhares de 0,40 x 0,25m aproximadamente, argamassadas nas juntas e rebocadas na face exterior. Pelo interior existe alvenaria de pedra mal aparelhada argamassada, com agregados de várias dimensões; e ao nível do reboco, constatam-se 4 camadas com espessuras que variam entre os 11mm e os 25mm, com zonas maladeridas ao paramento. Tendo a camada mais interior, amostra ALC2, 22mm de espessura, seguida da amostra ALC3 com 25mm de espessura, seguida da amostra ALC4 com 14mm de espessura, e último, a amostra ALC5, com 12mm de espessura (fig.030). Também foi identificada a presença de líquenes na camada exterior destes rebocos (fig.031). Nalgumas zonas não existia capeamento.

Na tab.001, do capítulo seguinte, é possível identificar as amostras recolhidas nesta zona.



Fig. 027. Vista da Zona 2.

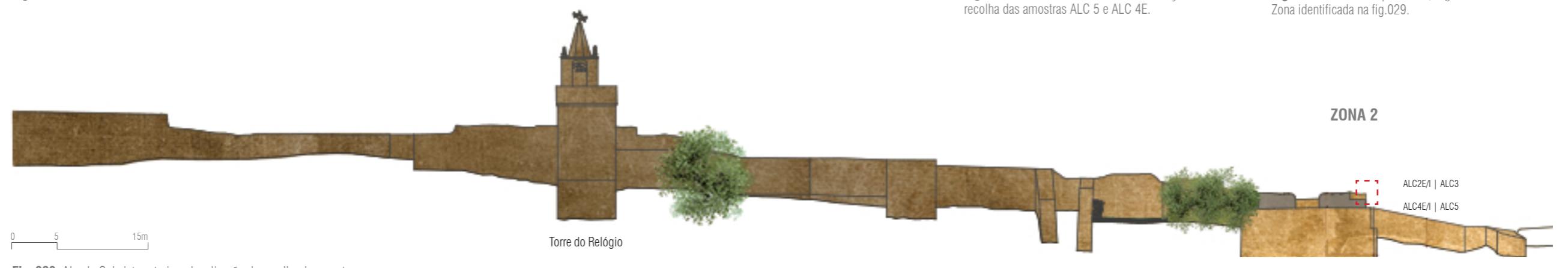
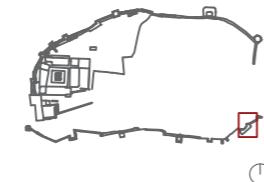


Fig. 028. Alçado Sul vista exterior - localização da recolha de amostras.

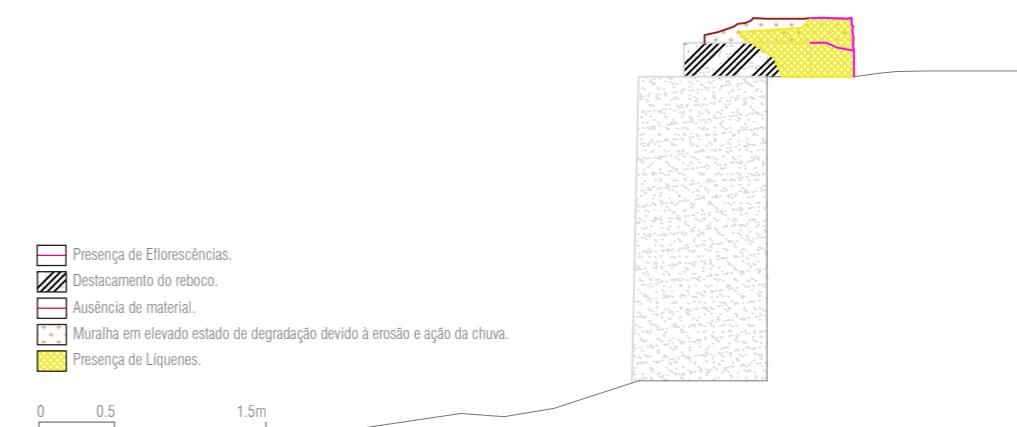


Fig. 029. Alçado Este com identificação das anomalias presentes na Zona 2.



Fig. 030. Camadas de reboco, identificação de zona de recolha das amostras ALC 5 e ALC 4E.



Fig. 031. Pedra mal aparelhada, argamassada na Zona 2. Zona identificada na fig.029.

### 5.1.3 ZONA 3

Localizada no caminho de ronda da zona sul das muralhas de Alcácer do Sal, alvo de obras de consolidação por parte da DGMEN no ano de 1985, o torreão reconstruído em taipa (fig.032) com espessuras de muralha na ordem dos 1,50m e altura máxima de 6,50m desde o interior das muralhas, foi o último elemento das muralhas de Alcácer do Sal, a ser intervencionado.

Nesta zona foram recolhidas as amostras ALC6E, ALC6I, ALC7E e ALC7I (fig.033).

Pelo interior eram visíveis rebocos mal aderidos aos paramentos e era perceptível a olho nú que a sua coloração era mais escura e que ao tacto se encontrava húmida (fig.034). Os rebocos estavam com uma elevada concentração de humidade, nos quais eram visíveis criptoflorescências. Nalgumas zonas também era visível o crescimento de vegetação esporádica (fig.032). Na zona de vigia o pavimento não parecia ter inclinação suficiente para permitir a rápida evacuação da água, favorecendo a entrada de água. Foi possível observar erosão nalgumas zonas deste troço do torreão pelo exterior com significativa ausência de material (fig.035 e fig.036).

Ao nível do reboco foi possível identificar na sua constituição, diferentes tipos de agregados, com formas alongadas e pontiagudas, com dimensões médias na ordem dos 5mm. Na tab.001, do capítulo seguinte, é possível identificar as amostras recolhidas nesta zona.



Fig. 032. Vista da Zona 3.

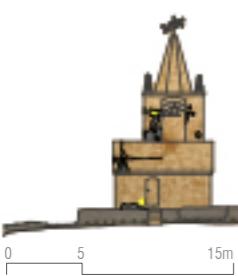


Fig. 033. Alçado Torreão vista interior - localização da recolha de amostra.

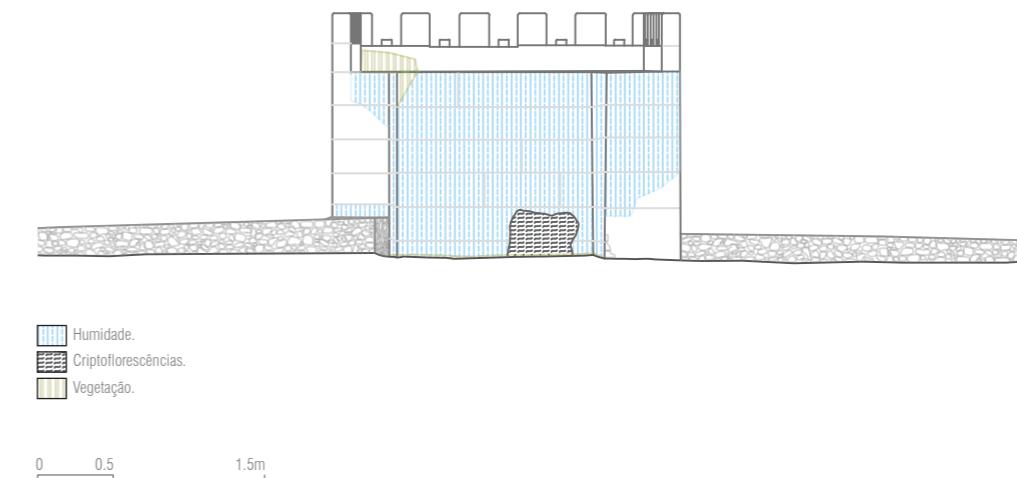


Fig. 034. Identificação das anomalias presentes na Zona 3.

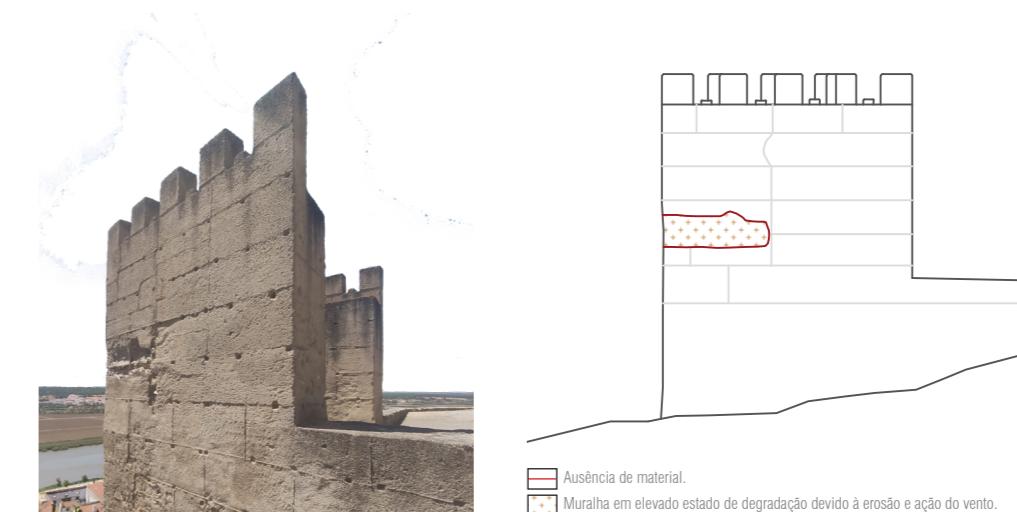


Fig. 035. Vista Nascente pelo exterior da Zona 3.



Fig. 036. Ausência de reboco com erosão ao nível da taipa.

## 5.1.4 ZONA 4

A uma cota inferior ao caminho de ronda, localizada no troço exterior de muralha a sul, com 48m de comprimento e 4m de altura pelo exterior foi intervencionado pela DGEMN no ano de 1959.

Diferente de todo os outros locais onde foram recolhidas amostras, este troço de muralha foi construído com alvenaria de pedra mal aparelhada, onde ainda são visíveis as zonas reparadas, conforme a fig. 037. Nesta zona foi recolhida a amostra ALC8E (fig.038).

Na zona superior deste troço verifica-se a ausência de capeamento (fig.039). Também foi visível a presença de vegetação de dimensão considerável no exterior (fig.040).

As reparações ao longo do tempo, neste troço de muralha, são notórias, ao nível das alvenarias e das argamassas de revestimento (fig.041).

As anomalias na zona exterior estão indicadas na fig.042.

Na tab.001, do capítulo seguinte, é possível identificar as amostras recolhidas nesta zona.



Fig. 037. Vista da Zona 4.



Fig. 038. Alçado Sul vista exterior - localização da recolha de amostra.



Fig. 039. Ausência de capeamento.

Fig. 040. Presença de vegetação.

Fig. 041. Argamassa de revestimento numa das zonas previamente reparada.



Fig. 042. Identificação das anomalias presentes na Zona 4.

### 5.1.5 ZONA 5

Localizada na zona oeste dos limites amuralhados da Pousada do Castelo de Alcácer do Sal, este extenso pano de muralha, com 207m de comprimento e 9,00m de altura (medidas pelo extradorso da muralha), está intercalado com 4 torreões de 15m de altura, pelo exterior. Foi alvo de intervenções por parte da DGEMN em 1972.

Desta zona foram recolhidas amostras de três locais diferentes: da Zona 5.1 foram recolhidas as amostras ALC11E e ALC11I; da Zona 5.2, as amostras ALC10T e ALC10R; e da Zona 5.3, a amostra ALC9. Tal como representado na fig.43.

Na zona 5.1 foi possível observar a presença de humidade em várias zonas da muralha, e algumas áreas sem reboco (fig.044), a partir das quais, foi verificado que a camada de reboco aí existente tem uma espessura de 50mm (fig.045). A presença de vegetação também foi observada no cimo da torre localizada na mesma zona (fig.046). Deste pano de muralha (fig.047) foram recolhidas as amostras apresentadas na fig.48.

Na Zona 5.2 (fig.049) foi possível também observar a desagregação da camada de revestimento, assim como a presença notória de agregados com dimensões até os 30mm (fig.050). Nesta zona foram também identificadas, reconstruções da muralha em alvenaria de tijolo (representados a roxo) e pedra (representados a vermelho) tal como é apresentado na fig.051, e na fig.052, ilustrativa das anomalias identificadas, na zona 5.2. Deste troço de muralha foram recolhidas as amostras apresentadas na fig.053. Por último, na Zona 5.3, foi possível identificar a espessura da camada de reboco, com 25mm (fig.054), a presença de vegetação esporádica (fig.055). Deste troço de muralha foi também recolhida a amostra apresentada na fig.056.

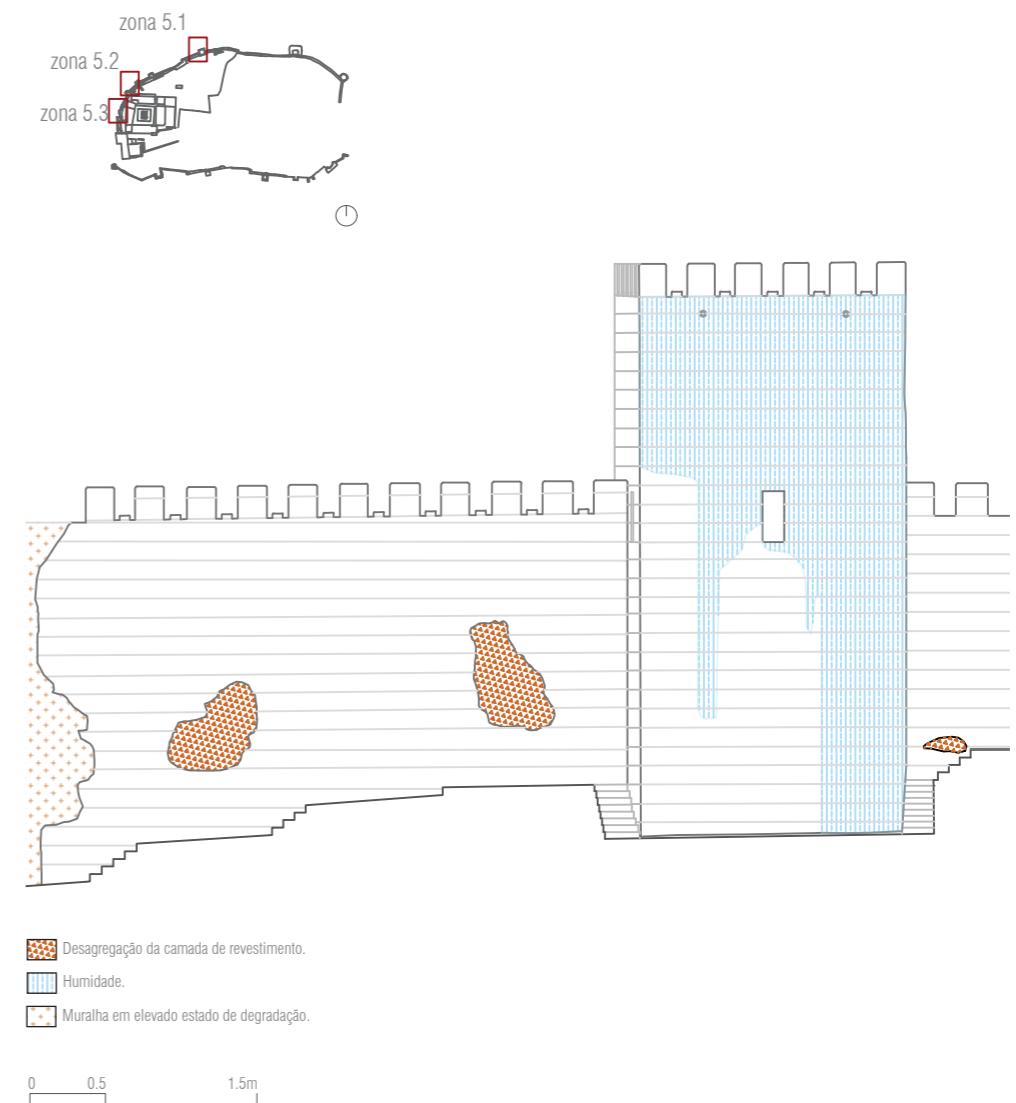


Fig. 044. Identificação das anomalias presentes na Zona 5.

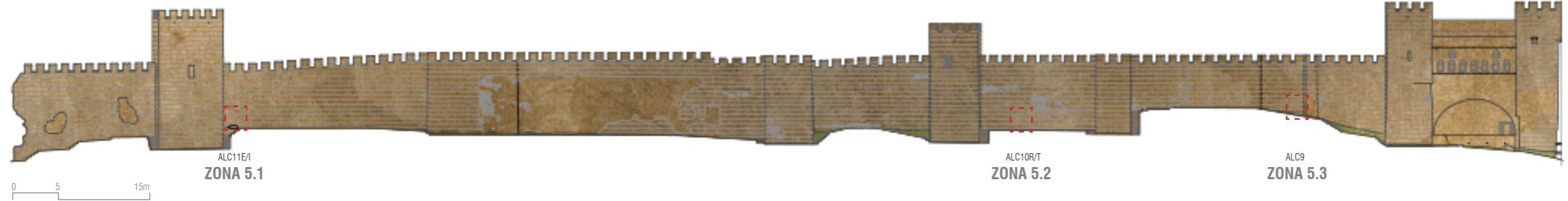


Fig. 043. Alçado Oeste vista exterior - localização da recolha de amostras.



**Fig. 045.** Espessura de 50mm da camada de reboco.  
Local de recolha da amostra ALC11E/I.



**Fig. 046.** Presença de vegetação no cimo da torre da zona  
5.1.



**Fig. 047.** Vista da Zona 5.1. - Local de recolha das amostras ALC11E e ALC11I.



**Fig. 048.** Amostras zona 5.1.



**Fig. 049.** Vista da Zona 5.2. - Local de recolha das amostras ALC10R e ALC10T.



**Fig. 050.** Agregados com aproximadamente 30mm.  
Local de recolha da amostra ALC10R/T.



**Fig. 051.** Reconstrução com alvenaria de tijolo e pedra.



**Fig. 052.** Identificação das anomalias presentes na zona 5.2.



ALC10R



ALC10T

0    1    3cm

**Fig. 053.** Amostras zona 5.2.



**Fig. 054.** Espessura de 25mm da camada de reboco.  
Local de recolha da amostra ALC9.



**Fig. 055.** Presença de vegetação nos paramentos verticais.



ALC9E/I

0    1    3cm

**Fig. 056.** Amostras zona 5.3.

## **5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO**

Embora a grande parte das muralhas esteja em bom estado de conservação, verificou-se, após inspeção visual, que o estado de degradação de algumas zonas das muralhas, está principalmente, associado à entrada de água e sua permanência no interior dos muros. Considera-se que de uma forma mais generalista, podem ser consideradas 3 situações. A primeira, relativa à falta de manutenção e obras de conservação, o que permitiu a entrada de água nos panos de muralha que em conjunto com a erosão e crescimento de vegetação, acabaram por fazer desagregar parte do material constituinte da muralha (Zonas 1 e 2).

A segunda, pela ausência de capeamentos, e falta de inclinação da parte superior da muralha, para uma correta drenagem, permite a entrada de água da chuva e consequente aparecimento de vegetação nos panos de muralha com dimensões consideráveis, concentração de humidade e aparecimento de eflorescências e criptoflorescências (Zonas 3 e 4).

A terceira, porque não existe uma correta drenagem da água nos muros em contato com o solo pelo interior, criando esta uma pressão sobre os mesmos. Esta situação traduz-se numa permanente presença de água, o que leva o aparecimento de humidade, perda de aderência dos rebocos e consequente desagregação do mesmo (Zona 5).

# **6**

## **AMOSTRAGEM E TÉCNICAS DE ANÁLISE**

### **6.1 AMOSTRAGEM**

Caracterizar as argamassas utilizadas no património cultural é um dos primeiros passos para que sejam tomadas decisões de intervenção corretivas adequadas na formulação de um plano de conservação ou restauro.

As amostras de argamassas das muralhas de Alcácer do Sal foram estudadas e caracterizadas no Laboratório HERCULES, do ponto de vista químico, mineralógico e microestrutural, de acordo com a metodologia que tem vindo a ser desenvolvida, e aplicada em diversos casos de estudo de património cultural.

A referida metodologia compreende diferentes fases, das quais se selecionaram para o presente estudo a realização do registo fotográfico, a observação à lupa binocular, a preparação de superfícies polidas e posterior análise por microscopia ótica (MO) e microscopia eletrónica de varrimento com espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS), a moagem e preparação de amostra para análise por difração de raios X (DRX) e análise termogravimétrica (ATG).

Assim, o processo de caracterização das amostras em estudo (tab.001), pressupôs uma primeira análise, que consistiu na inspeção visual. Esta análise permitiu caracterizar a olho nu e documentar, através de registos fotográficos, a sua composição ao nível das suas características físicas, no que diz respeito à cor, quantidade, forma e dimensão de agregados, resistência face à facilidade de desaglomeração perante intervenção mecânica, camadas estratigráficas e principais inclusões (nódulos de cal).

De acordo com as observações, as cores das amostras variam entre diferentes tonalidades de cíntenos e acastanhados.

Estratigráficamente as amostras ALC 9EXT e ALC 11EXT, são facilmente distinguíveis entre as camadas que as compõem. As amostras ALC1A e ALC1B, apesar de não demonstrarem uma estratigrafia assumida, possuem uma camada exterior, de cor salmão com manchas pretas, com aproximadamente 1mm de espessura com fácil distinção e separação da camada inferior. As amostras ALC2E, ALC3, ALC4I, ALC4E, ALC5, apresentam uma única camada, com diferentes texturas e pigmentações variadas entre o acinzentado e o esverdeado, na sua face exterior. As restantes amostras ALC6I, ALC6E, ALC7I, ALC7E, ALC8E, ALC10R, ALC10T e ALC11I apresentam uma única camada homogénea, por vezes, com agregados mais expostos na face exterior do que na face interior que é o caso da amostra ALC7E.

Durante os processos de documentação e disagregação verifica-se, de um modo geral uma fraca resistência mecânica, sendo as amostras ALC1A, ALC1B, ALC3, ALC4E, ALC10T e ALC11E, um pouco mais resistentes que as restantes.

A olho nu, foi também possível observar em grande parte das amostras, grandes quantidades de nódulos de cal (ALC1A, ALC1B, ALC2I, ALC2E, ALC3, ALC4E, ALC5, ALC10R e ALC10T), alguns aditivos cerâmicos (ALC2, ALC8I, ALC10T e ALC11I) e conchas (ALC1A, ALC1B).

**Tab. 001.** Amostras em estudo: período, localização, estratigrafia e registo fotográfico.

AMOSTRA	PERÍODO	LOCALIZAÇÃO	ESTRATIGRAFIA	FOTOGRAFIA
ALC1A	séc. XI-XIII	zona 1	não	
ALC1B	séc. XI-XIII	zona 1	não	
ALC2E	1966	zona 2	não	
ALC2I	1966	zona 2	não	
ALC3	1966	zona 2	não	
ALC4E	1966	zona 2	não	
ALC4I	1966	zona 2	não	
ALC5	1966	zona 2	não	
ALC6E	1985	zona 3	não	

AMOSTRA	PERÍODO	LOCALIZAÇÃO	ESTRATIGRAFIA	FOTOGRAFIA
ALC6I	1985	zona 3	não	
ALC7E	1985	zona 3	não	
ALC7I	1985	zona 3	não	
ALC8E	1959	zona 4	não	
ALC9	1972	zona 5	sim	
ALC10	1972	zona 5	sim	
ALC11I	1972	zona 5	não	
ALC11E	1972	zona 5	sim	

0 5 15cm

## 6.2 PREPARAÇÃO FÍSICA DAS AMOSTRAS

Para a realização das técnicas de análise foi necessária a preparação das amostras, exigidas pelas diferentes técnicas de análise a aplicar.

O diagrama da fig.057 apresenta a preparação física que foi realizada às amostras, consoante o tipo de técnica analítica a realizar.

Esta preparação, primeiramente pressupôs da limpeza manual de cada amostra, de modo a retirar toda a sujidade e matéria orgânica das suas faces exteriores. Posteriormente foi feito o registo fotográfico, assim como a identificação de cada amostra consoante a estratigrafia, cor, agregados, aditivos, resistência mecânica e dimensões. Por último, as amostras foram submetidas a um processo de secagem, numa estufa, a uma temperatura de 40°C, durante 24horas.

Para a realização das análises, foi também necessário a separação cuidadosa das camadas estratigráficas da amostra, caso existissem. Das dezanove amostras selecionadas, duas (ALC9EXT e ALC11EXT) apresentavam uma nítida estratigrafia, sendo identificada a camada exterior como 'EXT' e a camada interna com 'INT'.

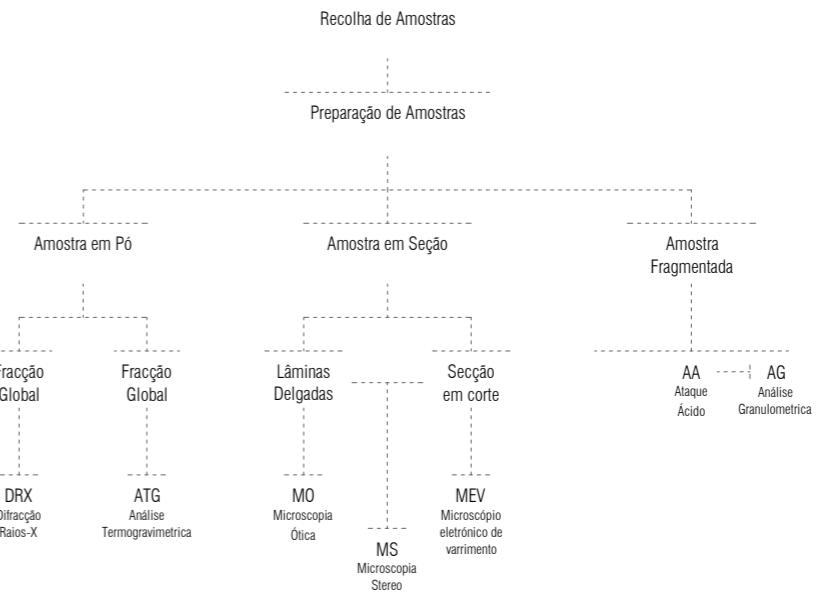


Fig. 057. Diagrama de preparação física das amostras em função da técnica de análise.

### **6.2.1 AMOSTRAS EM PÓ**

Para a realização da análise por Difração Raios-X (DRX) e da Análise Termogravimétrica (ATG) foi necessário desagregar manualmente, aproximadamente 20g de cada amostra, e produzir, dois tipos de pós, a fração global (FG), representativa da amostra global; e a fração fina (FF), representativa das partículas da amostra de dimensão inferiores a  $63\mu m$ , obtendo assim uma maior clareza quanto a percentagem de ligante.

Das 20g de amostra desagradadas manualmente, com o auxílio de um martelo, aproximadamente 10g de cada amostra, foram utilizadas para a produção da GF, sendo posteriormente necessário, com a ajuda de um pilão (fig.058), reduzir o tamanho dos agregados a 5mm máximo. Por último foi utilizado um Moinho de Bolas Planetário PM 100 (Retsch), onde os agregados foram moídos a seco, num vaso de moagem (fig.059) com 4 bolas de moagem ( $\varnothing < 1\text{cm}$ ), a 500 rpm, durante 10 minutos, até atingir finuras analíticas homogéneas, sem que houvesse perda de material. Em algumas amostras, o processo de moagem foi repetido mais do que uma vez, quando, após o processo de moagem, estas, apresentavam grãos ainda por moer. Nesse caso era necessário, com ajuda do pilão, desfazer o grão e repetir novamente todo o processo.

Para a produção da FF, os restantes 10g de amostra, já desagregados, foram peneirados numa peneira de aço inoxidável (ASTM E11, 100 mm X 40mm, Restsch) (fig.060) com um tamanho de malha de  $63\mu m$ . O pó coletado após este processo, foi utilizado na análise de DRX. Das 22 amostras, apenas foi possível coletar e analisar uma fração fina de 10 amostras (ALC1A, ALC2EXT, ALC3, ALC5, ALC6INT, ALC8EXT, ALC9EXT, ALC9INT, ALC10T, ALC10TR).

Através da DRX foi possível caracterizar mineralogicamente a argamassa e identificar as diferenças entre o ligante enriquecido obtido pela fração fina e pela fração global.

Parte da fração global utilizada na análise ATG, entre 25-30mg, permitiu quantificar, em massa, a composição de carbonato de cálcio presente nas diferentes argamassas.

Para a análise individual de cada amostra foi necessário um método cuidado de limpeza de todos os materiais e equipamentos utilizados, para que os resultados não fossem influenciados por vestígios de amostras diferenciadas.



**Fig. 058.** Desagregação por pilão em almofariz de ágata.



**Fig. 059.** Moinho de bolas (ágata), e amostra em pó.



**Fig. 060.** Peneiramento da fração fina.

## 6.2.2 AMOSTRAS EM PLANO DE SECÇÃO

Para a preparação das técnicas analíticas de microscopia eletrónica de varrimento – Espectrometria de Energia Dispersiva, estéreo microscopia e microscopia ótica, foi necessário seccionar uma parte representativa de cada amostra, de modo a obter dois tipos de montagem; superfície polida e lâmina delgada. Sendo esta última preparada através da secção transversal, utilizando o método TS desenvolvido pela Struers (Struers, 2014).

As secções transversais foram elaboradas através da secção cuidadosa das amostras, já limpas, numa Discoplan-TS com esmerilamento a húmido. Depois de limpas e secas, as amostras foram colocadas num recipiente de plástico onde foram embebidas numa quantidade suficiente de uma mistura de 25g de resina Epoxi (Struers) para 3g de endurecedor Epoxi (Struers), aquecidas a 40°C. A consolidação das amostras deu-se após 12-16horas em temperatura ambiente. Depois de endurecidas, foram desmontadas dos recipientes de plástico e cortadas no Discoplan-TS (fig.061). Posteriormente, foi feito um desgaste manual, utilizando papel de carboneto de silício P#800 e P#1000, até que a amostra ou grande parte dela, ficasse plana na superfície (fig.062).

Para a preparação das lâminas delgadas, primeiramente, foi necessário despolir lâminas de vidro, com a ajuda da Discoplan-TS, até que estas atingissem espessuras de 1,15mm, permitindo assim uma melhor fixação com a superfície da amostra obtida na secção transversal. Após a limpeza com acetona da secção transversal e das lâminas de vidro já despolidas e secas a uma temperatura de 40°C, foi aplicada uma mistura de 2g de resina Epoxi (Buehler) e 0,9g de endurecedor Epoxi (Buehler) na superfície polida da secção transversal e fixadas na superfície não polida das lâminas de vidro. Para uma melhor fixação as secções foram deixadas sob pressão na prensa System-Adele durante aproximadamente 20horas. Depois de fixas (fig.063), e com a parte de corte da Discoplan-TS, as amostras consolidadas em resina foram cortadas cerca de 3mm da lâmina de vidro. Por fim a lâmina delgada foi obtida através do desgaste manual, utilizando papel de carboreto de silício (P#600, P#800, P#1000, P#1200 e P#2400), da amostra fixada na lâmina de vidro. A espessura final foi confirmada através do microscópio ótico, assim que atingidas as tintas de interferência de primeira ordem no quartzo, na Carta de Cores de Interferência de Mychel-Lévy (1888).

Concluída a lâmina delgada, a superfície de corte da amostra consolidada em resina foi novamente polida, seguindo o mesmo procedimento descrito, de modo a expor na superfície, a amostra representativa da argamassa.



Fig. 061. Preparação de amostras para lâmina delgada: em resina Epóxi, desgaste.



Fig. 062. Desgaste/Polimento manual das secções transversais em papel de carboneto de silício.



Fig. 063. Preparação das amostras para lâmina delgada.

### 6.2.3 AMOSTRA FRAGMENTADA

Para a realização do ataque ácido e consequente análise granulométrica foi necessário desgregar manualmente, com a ajuda de um martelo, 20g representativos da amostra, e separar em dois conjuntos de 10g (fig.064). De seguida foi registado o peso de cada conjunto para que, após submetidos ao ataque ácido, pudessem ser comparados com os pesos finais (fig.065). Todo o processo em torno do ataque ácido permitiu que fosse determinada a percentagem de fração solúvel e de resíduo insolúvel de cada amostra, sendo que, através deste último, foi possível concretizar a análise granulométrica das partículas dos agregados que constituem cada argamassa. Das 22 amostras, incluindo as separadas estratigráficamente (ALC9EXT e ALC11EXT), quatro não foram analisadas por não apresentavam material suficiente para análise (ALC4E, ALC8I, ALC11Ee e ALC11Ei), duas foram analisadas em um total de 10g, por não apresentarem material suficiente (ALC2I e ALC7I), e as restantes (ALC1A, ALC1B, ALC2E, ALC3, ALC4I, ALC5, ALC6I, ALC6E, ALC7E, ALC8E, ALC9E, ALC9I, ALC10T, ALC10R, ALC10RT e ALC11I), analisadas em duplicado, sendo a percentagem de fração solúvel e de resíduo insolúvel de cada amostra, calculada através da média dos dois conjuntos de 10g analisados separadamente.



Fig. 064. Desagregação manual da amostra com a ajuda de um martelo.



Fig. 065. Preparação da amostra desfragmentada para análise por ataque ácido.

## 6.3 TÉCNICAS DE ANÁLISE E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

### 6.3.1 ESTÉREO-MICROSCOPIA

A estéreo-microscopia consiste na observação preliminar e mais detalhada, das amostras em corte, a fim de identificar estratigráficamente a existência de camadas, os tipos de agregados, a morfologia, e a inclusão (cerâmica, fibras, aditivos orgânicos ou inorgânicos).

Para análise deste caso de estudo foi utilizado o Microscópio Estereoscópico Leica-M205-C (fig.066) e as imagens foram obtidas com uma câmara digital Leica DFC-295.

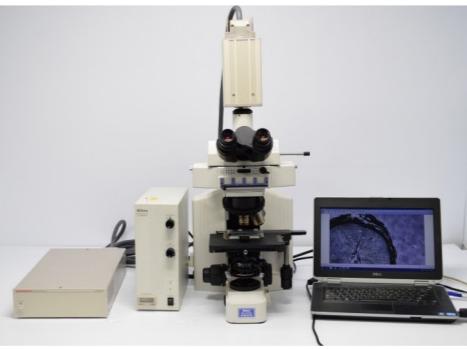


Fig. 066. Microscópio Estereoscópico Leica-M205-C.

### 6.3.2 MICROSCOPIA ÓTICA

A microscopia ótica, através do microscópio petrográfico, consiste na incidência, sobre a superfície de uma amostra, uma luz polarizada, com ampliações até 500x. Permitindo a observação de aspectos texturais e a identificação de agregados (i.e. minerais, rochas) (Raith et al., 2011).

Através da correlação litológica dos agregados, e das cartas geológicas, é possível identificar a proveniência das matérias-primas (Elsen, 2006).

Para análise deste caso de estudo, o equipamento utilizado foi um microscópio petrográfico Leica-DM2500 P, utilizando as objetivas de 2.5x, 5x, 10x, e 20x, sob luz polarizada plana (PPL) e luz polarizada cruzada (XPL). As imagens foram obtidas com uma câmara digital Leica- MC-170 HD.

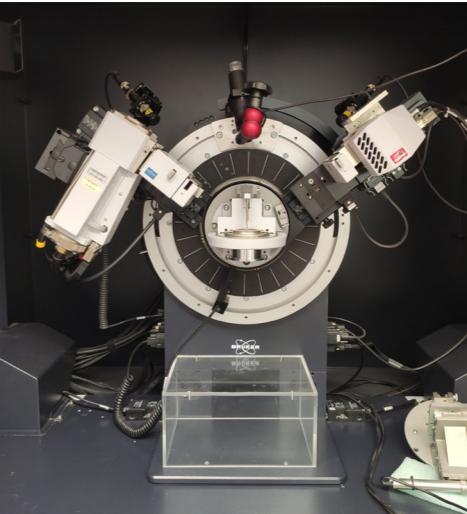


Fig. 067. Difratómetro Bruker AXS D8 Discover.

### 6.3.3 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

A Difração de Raios-X, realizada com as frações globais representativas da amostra e com as frações finas, também em pó, mais concentradas no ligante, é uma técnica de análise que permite identificar as fases cristalinas dos agregados e do ligante e eventuais compostos cristalinos de neoformação ou de degradação.

Em cada análise foram utilizados os porta amostras poliméricos preenchidos com aproximadamente 1 g de amostra em pó. As amostras foram compactadas com auxílio de uma lâmina de vidro permitindo a obtenção de uma superfície de análise regular e horizontal.

Os resultados obtidos foram utilizados como complementos aos resultados das análises de MO e MEV-EDS.

Os difractogramas foram obtidos através da utilização de um Difratómetro de raios-X da marca Bruker (fig.067), modelo AXS D8 Discover, equipado com um gerador de raios X a operar a 40 KV de tensão e uma corrente de 40 mA, um ânodo de cobre como fonte de radiação monocromática ( $\text{CuK}\alpha_1$ , de  $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ) e um detector linear LYNXEYE.

Os difractogramas foram determinados no intervalo de  $2\theta$  compreendido entre  $3^\circ$  a  $75^\circ$  com um incremento angular de  $0,05^\circ$  por segundo e um intervalo de tempo por incremento de 1 segundo.

A interpretação dos difractogramas foi realizada utilizando o programa DIFFRAC. SUITE EVA juntamente com os ficheiros de difração de pós do Centro Internacional de Difracção de Dados (ICDD PDF)-2.

### 6.3.4 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

A análise Termogravimétrica (ATG), realizada com as frações globais (FG) das amostras, em pó, é uma das principais técnicas de análise térmica que determinar o teor de carbonatos presentes nas amostras de argamassa.

Os resultados são obtidos através da medição da variação de massa da amostra (perda), em função do aumento da temperatura.

Para a realização de cada uma destas análises foi necessário primeiramente, garantir a estabilidade das condições operacionais (temperatura, fluxo de gás, balança) do equipamento a utilizar, Analisador Térmico Simultâneo STA 449 F3 Júpiter pela NETZSCH (fig.068). Em seguida procedeu-se à realização de um ensaio em branco, realizado com o cadiño de platina lavado e vazio, e que teve como função eliminar possíveis interferentes resultantes do processo de lavagem. Após o ensaio em branco procedeu-se à tara da microbalança e à pesagem, no cadiño, de cerca de 25 a 30mg de FG de amostra, em pó. O conjunto foi submetido ao programa de aquecimento estabelecido para este tipo de amostras: temperatura inicial de 40°C, temperatura final de 1000°C, taxa de aquecimento de 10°C/min, sob atmosfera inerte de Nitrogénio (Air Liquide Alphagaz comprimido N2) com um caudal de 70 mL/min.

Os resultados obtidos, termogramas ou curvas termogravimétricas, registam a variação percentual da massa da amostra em função da temperatura. O registo da primeira derivada da curva termogravimétrica (DTG) permitiu captar as temperaturas específicas nas quais ocorrem as alterações características dos componentes das amostras (Földvári, 2011).

Os resultados obtidos nesta análise foram utilizados como complemento dos resultados obtidos na técnica de Ataque Ácido e Análise Granulométrica.



Fig. 068. Analisador Térmico Simultâneo STA 449 F3 Júpiter NETZSCH.

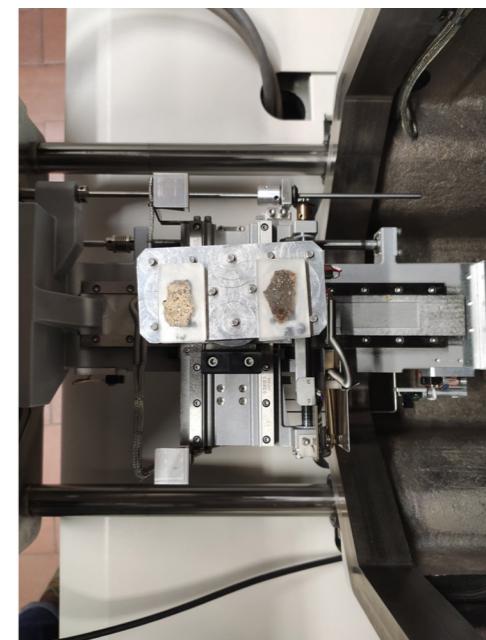


Fig. 069. Microscópio Electrónico de Varrimento de Pressão Variável HITACHI S-3700N acoplado a um Bruker XFlash 5010 com um Detector de Deriva de Silício (SDD) Espectrómetro de Energia Dispersiva de Raios-X.

### 6.3.5 MICROSCÓPIO ELETRÓNICO DE VARRIMENTO – ESPECTROMETRIA DE ENERGIA DISPERSIVA

A Microscopia Electrónica de Varrimento acoplada à Espectroscopia de Raios X Dispersiva de Energia (MEV-EDS) foi utilizada para aquisição de imagens, análise elementar e mapeamento elemental. A técnica permite a observação das amostras de argamassa sob alta ampliação e a caracterização dos agregados juntamente com o ligante, determinando as suas composições químicas através da análise elementar (Varella, 2013). Os ensaios foram realizados nas secções transversais preparadas de acordo com o procedimento explicado no capítulo 6.2. Nenhum revestimento aplicado sobre as amostras antes da análise.

O equipamento utilizado para a observação das amostras foi o Microscópio Electrónico de Varrimento de Pressão Variável HITACHI S-3700N acoplado a um Bruker XFlash 5010 com um Detector de Deriva de Silício (SDD) Espectrómetro de Energia Dispersiva de Raios-X (fig.069). A análise foi realizada sob pressão variável, operado com uma tensão de aceleração de 20 kV e uma pressão de câmara de 40 Pa. Os espectros para a análise química foram traçados numa escala de energia de 0-20 keV com uma resolução espectral de 129 eV em Mn K $\alpha$ . Os dados foram obtidos sob a forma de mapas de distribuição elemental, análise ponto e multiponto processados com o software Esprit 1.9. As imagens SEM foram adquiridas em modo de backscattering (BSE), para capturar a informação sobre as características textuais das amostras.

### 6.3.6 ANÁLISE GRANOLUMÉTRICA

Para determinar a razão entre a fração solúvel e o resíduo insolúvel das amostras, foi utilizada a técnica de análise por ataque ácido da argamassa.

Para a realização desta técnica foram utilizadas aproximadamente 10g de cada amostra fragmentada, em duplicado, e 120mL de uma solução aquosa de ácido clorídrico, preparada por diluição de um volume de ácido clorídrico concentrado (HCl 37%) em 3 volumes de água (fig.070). O procedimento teve início com a pesagem rigorosa de aproximadamente 10g da amostra fragmentada, num gobelé de 250mL, onde posteriormente foram adicionados, lentamente, 120mL da solução ácida previamente preparada. Após a libertação de todo o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o gobelé foi colocado sobre uma placa de aquecimento, com a mistura sempre em agitação com a ajuda de uma barra magnética, até que a mesma atingisse o ponto de ebólitione, onde se manteve durante 10min.

Após arrefecimento à temperatura ambiente, as misturas foram filtradas sob vácuo (fig.071) e lavadas com de cerca de 300mL de água destilada, utilizando um funil Büchner e um papel filtro qualitativo VWR, grau 413. Seguido da filtração os resíduos insolúveis foram colocados numa estufa a uma temperatura de 60°C, durante 48h, para garantir que a água / humidade fosse completamente eliminada.

Após secagem e arrefecimento à temperatura ambiente, e visando a determinação da razão entre a fração solúvel e o resíduo insolúvel, foram registadas as massas rigorosas dos resíduos insolúveis (fig.072) de todas amostras analisadas.

Terminada a análise por ataque ácido e a obtenção dos resíduos insolúveis, foi realizada a análise granulométrica. Esta análise consistiu na peneiração dos mesmos resíduos, em peneiras em aço inoxidável ASTM E11 com um diâmetro de 100 mm x 40 mm (RETSCH) e tamanhos de malha de 4, 2, 1, 0,500, 0,250, 0,125 e 0,063 mm (fig.73), e pesagem de cada uma das frações obtidas. Teve objetivo determinar as percentagens dimensionais das partículas dos agregados que compõe as respetivas amostras de argamassas.

As diferentes frações obtidas foram ainda observado no Microscópio Estereoscópico Leica M205 C e fotografada por uma câmara digital Leica DFC.

Os resultados foram apresentados em diagramas, e utilizados como complemento dos resultados obtidos na análise termogravimétrica.



Fig. 070. Preparação da análise por ataque ácido: amostra e solução aquosa de ácido clorídico.



Fig. 071. Filtração a vácuo com funil de Büchner.



Fig. 072. Resíduos insolúveis.



Fig. 073. Peneiras de teste ASTM E11 para análise granulométrica.

## 6.4 RESULTADOS

### 6.4.1 ESTÉREO MICROSCOPIA

Através dos cortes transversais em superfícies polidas, foram feitas observações microscópicas, utilizando a estéreo microscopia. Esta técnica de análise veio confirmar as observações visuais feitas na fase preliminar da caracterização das amostras, de modo a compreender a heterogeneidade das amostras, as características do ligante e a variedade de agregados em termos de mineralogia granulometria e forma. De um modo geral o ligante utilizado em grande parte das amostras, apresenta uma forma homogénea, em tons que variam entre o castanho-claro e castanho-escuro, à exceção das amostras da Zona 1, ALC1A e ALC1B, que apresentam um ligante de cor preta, a amostra da Zona 4, ALC8E, que apresenta um ligante mais esbranquiçado, e a amostra da Zona 5, ALC10TR que na sua camada inferior apresenta uma cor acinzentada. Prossupõe-se que a diferença entre estes três tipos de ligantes deve-se ao fato das mesmas terem sido construídas em épocas distintas.

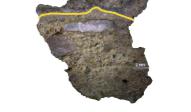
A nível da forma e dimensão dos agregados, foi possível organizar as amostras em dois grupos. O primeiro grupo constituído pelas amostras localizadas nas Zonas 1 e 2, e o segundo grupo constituído pelas amostras localizadas nas Zonas 3, 4 e 5.

No primeiro grupo, as amostras apresentam um carácter mais poroso, com agregados arredondados, de pequenas dimensões. Neste grupo, são também visíveis fragmentos de concha (ALC1A) e fragmentos cerâmicos (ALC2E). Já no segundo grupo, as amostras são compostas por agregados de diferentes morfologias e tamanhos (tab.002).

**Tab. 002.** Superfícies Polidas

AMOSTRA	FUNÇÃO	COR	DESCRIÇÃO	CORTE TRANSVERSAL
ALC1A	Argamassa de revestimento	Preto	Amostra de duas camadas. Camada superior com menos de 1mm, de cor salmão com manchas redondas pretas. Camada inferior homogénea constituída por pequenos nódulos de cal, dispersos. Pequenos agregados cerâmicos e um grande fragmento de concha.	
ALC1B	Argamassa de revestimento	Preto	Amostra de duas camadas. Camada superior com menos de 1mm, de cor salmão com manchas redondas pretas. Camada inferior constituída por nódulos de cal, dispersos. Pequenos agregados cerâmicos e fragmentos de concha.	
ALC2E	Argamassa de revestimento	Cinza	Amostra de areias finas. Nesta amostra estão presentes agregados cerâmicos e quartzo.	
ALC2I	Argamassa de revestimento	Castanho (claro)	Amostra constituída por médios nódulos de cal dispersos. Areias finas de fácil desagregação.	
ALC3	Argamassa de revestimento	Castanho (claro)	Amostra constituída por pequenos nódulos de cal, visíveis a olho nu. Rígida e de difícil desaglomeração.	
ALC4E	Argamassa de revestimento	Castanho (escuro)	Amostra com agregados de quartzo de pequena dimensão. Fácil desagregação.	

AMOSTRA	FUNÇÃO	COR	DESCRIÇÃO	CORTE TRANSVERSAL
ALC4I	Argamassa de revestimento	Cinza	Amostra com agregados de quartzo. Agregados com maior visibilidade e saliência na face exterior. Pouco rígida e de fácil desagregação.	
ALC5	Argamassa de revestimento	Cinza	Amostra composta por uma grande quantidade de agregados de pequenas dimensões, com o quartzo em maiores quantidades, e alguns nódulos de cal dispersos. Pouco rígida e de fácil desagregação.	
ALC6E	Argamassa de revestimento	Castanho (escuro)	Amostra com uma grande quantidade de agregados com diferentes dimensões e cores. Com maior visibilidade na sua face exterior. De pouca rigidez e fácil desagregação.	
ALC6I	Argamassa de revestimento	Castanho (claro)	Amostra com quantidade de agregados com diferentes dimensões e cores. Com maior visibilidade na sua face exterior. Rígida e de fácil desagregação.	
ALC7E	Argamassa de revestimento	Castanho (claro)	Amostra com uma grande quantidade de agregados com diferentes dimensões e cores. Com maior visibilidade na sua face exterior. De pouca rigidez e fácil desagregação.	
ALC7I	Argamassa de revestimento	Cinza (claro)	Amostra composta por elevada quantidade de agregados de pequenas dimensões. De pouca rigidez e fácil desagregação.	

AMOSTRA	FUNÇÃO	COR	DESCRIÇÃO	CORTE TRANSVERSAL
ALC8E	Argamassa de revestimento	Branco	Amostra de cor clara, constituída por pequenos agregados de cores diferentes. Rígida, mas de fácil desagregação.	
ALC9	Argamassa de revestimento	Cinza Castanho (claro)	Amostra com visível distinção entre camadas, e de difícil separação entre as mesmas. Constituída por agregados de diferentes dimensões e composições, visíveis em toda a amostra, sendo que na camada exterior é onde aparecem mais perceptíveis e com maior dimensões. De pouca rigidez e fácil desagregação.	
ALC10TR	Argamassa de revestimento	Cinza Castanho (claro)	Amostra de duas camadas visivelmente distintas, rígidas, mas de fácil separação entre elas. Sendo a camada exterior, rígida e de difícil desaglomeração, constituída por agregados de dimensões médias, incluindo agregados cerâmicos e uma quantidade considerável de nódulos de cal de pequenas dimensões. E a camada inferior, constituída por agregados de pequenas dimensões, nódulos de cal dispersos, facilmente visíveis. Camada pouco rígida e de fácil desagregação.	
ALC11E	Argamassa de revestimento	Cinza Castanho (claro)	Amostra de duas camadas visivelmente distintas, rígidas, mas de fácil separação entre elas. Camadas distinguíveis sobretudo pela cor e dimensão dos agregados que a constituem. Sendo a camada exterior constituída por agregados de pequenas dimensões e a camada inferior com médias e grandes dimensões.	
ALC11I	Argamassa de revestimento	Castanho (claro)	Amostra constituída por agregados de diferentes dimensões, dos quais, agregados cerâmicos e pequenos nódulos de cal. Pouco rígida e de fácil desagregação.	

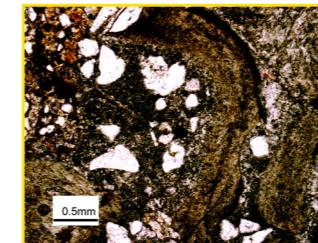
## 6.4.2 MICROSCOPIA ÓTICA

Para uma melhor compreensão da textura (porosidade e fissuras), natureza e identificação dos agregados utilizados nas argamassas em estudo (minerais, líticos, cerâmicas, etc.), foi realizada, através das lâminas delgadas, a análise petrográfica (microscópio ótico de luz polarizada).

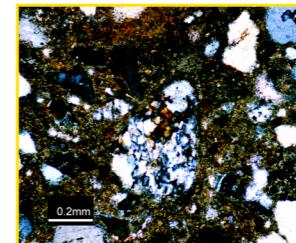
Após a análise das lâminas delgadas, foi possível verificar que todas as amostras apresentam, sob forma de agregados, minerais silicicosos e rochas. O agregado predominante, de um modo geral, é o quartzo, tendo sido também identificado quartzito, nas amostras ALC1B e ALC4I, arenito quartzoso na amostra ALC2E, e anfíbolas nas amostras ALC2I e ALC3. Os agregados quartzíticos apresentam uma morfologia subangular a arredondada, o que sugere uma possível origem fluvial.

As amostras ALC1A e ALC1B foram as únicas identificadas com fragmentos de conchas na sua constituição. As amostras ALC6 e ALC7 foram as que apresentaram na sua constituição agregados mais variados, como por exemplo, grãos arredondados de agregados cerâmicos, argilito, mármore e granito. Outras amostras apresentam nódulos da cal arredondados (ALC1B, ALC2I, ALC5 e ALC6I), feldspatos potássicos mais precisamente, a microclina (ALC5) (tab.003 e tab.004).

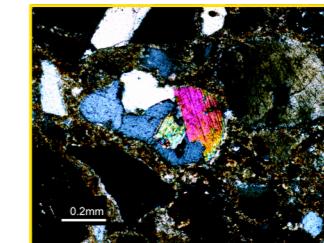
**Tab. 003.** Imagens de microscópio petrográfico representativas dos minerais observados sob NC (Nicóis cruzados) e NP (Nicóis paralelos).



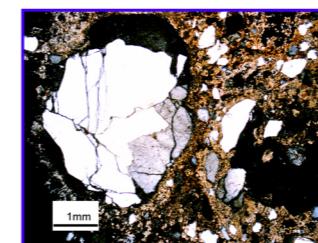
NP Fragmento de concha



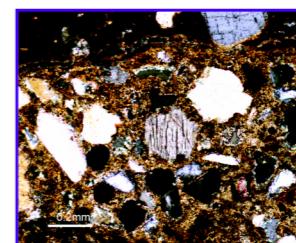
NP Quartzito



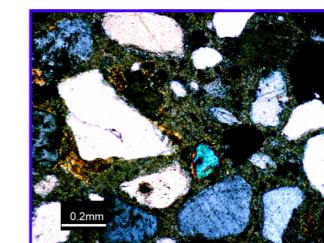
NC Muscovite



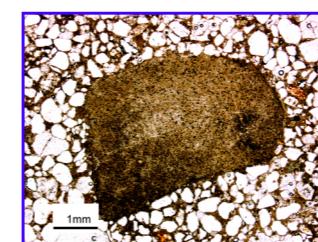
NP Calcite



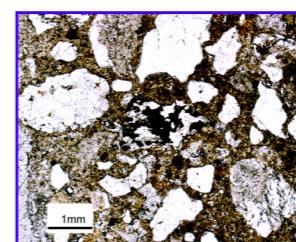
LPC Feldspato



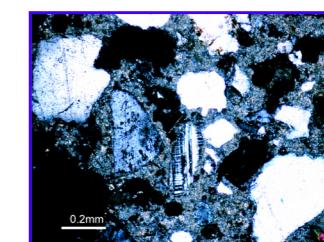
NC Anfíbola



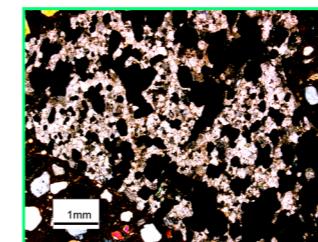
NP Nódulo de Cal



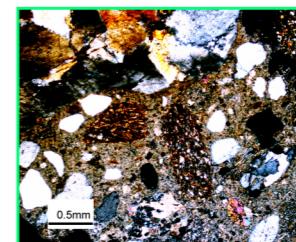
NP Quartzito



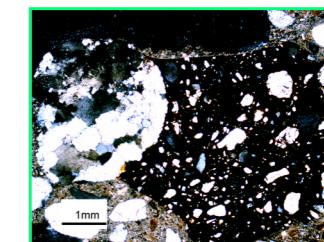
NC Microclina



NP Mármore



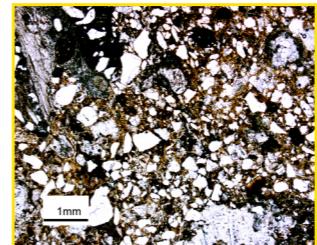
NP Argilito



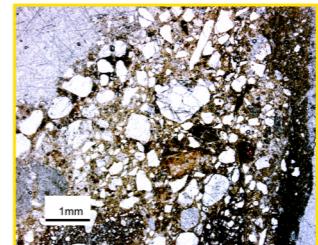
NP Cerâmica

## Imagens Petrográficas

**Tab. 004.** Imagens petrográficas representativas da composição geral de cada grupo de amostras, à escala de 1mm.



Amostra ALC1A (NP)



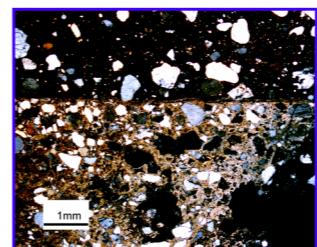
Amostra ALC1B (NP)

Zona 1

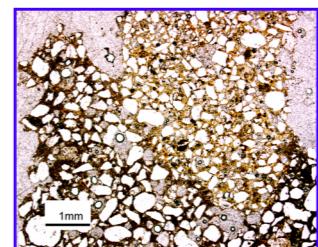
Amostras de duas camadas.

Camada superior constituída por uma fina camada de cal.

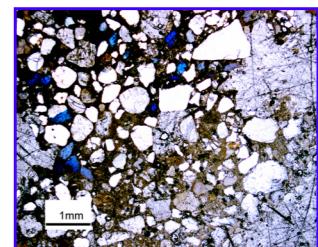
Camada inferior constituída por agregados de forma semi-angulosa. Maioritariamente de quartzo. Presença de feldspatos, quartzito, calcário, fragmento de concha e fragmento cerâmico.



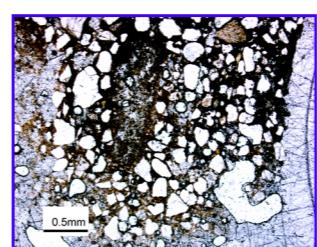
Amostra ALC2E (NP)



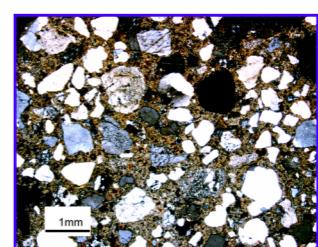
Amostra ALC2I (NP)



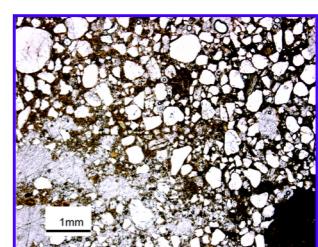
Amostra ALC3 (NP)



Amostra ALC4E (NP)



Amostra ALC4I (NP)

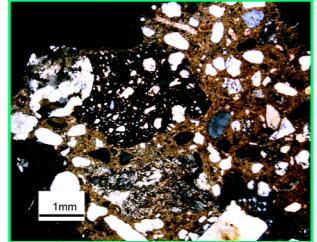


Amostra ALC4I (NP)

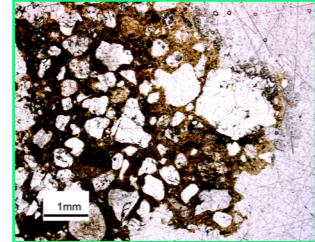
Zona 2

Amostras compostas por agregados de forma semi-angulosa. Agregados de diferentes granulometrias.

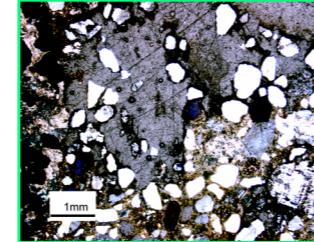
Presença de quartzo, quartzito, arenitos, feldspatos e nódulos de cal.



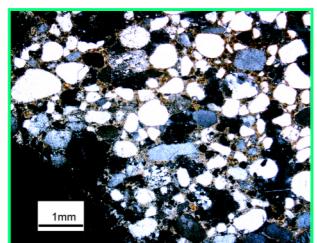
Amostra ALC6E (NP)



Amostra ALC6I (NP)



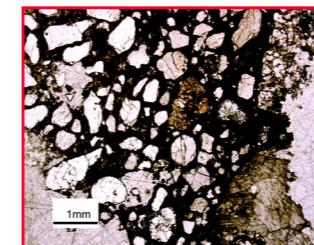
Amostra ALC7E (NP)



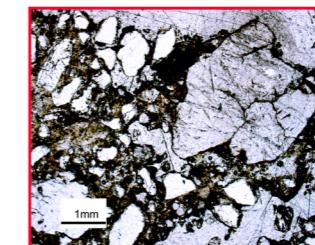
Amostra ALC7I (NP)

#### Zona 3

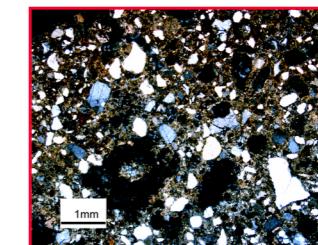
Amostras constituída por agregados de forma semi-angulosa, pouco dispersos de granulometrias semelhantes.  
Presença de quartzo, quartzito, feldspatos, cerâmica, mármore, argilito.



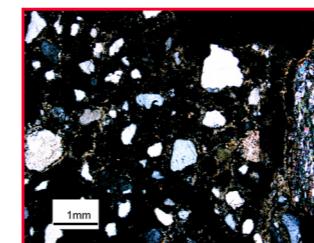
Amostra ALC9E (NP)



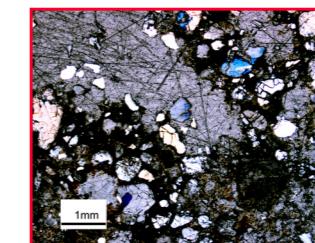
Amostra ALC10R (NP)



Amostra ALC10T (NP)



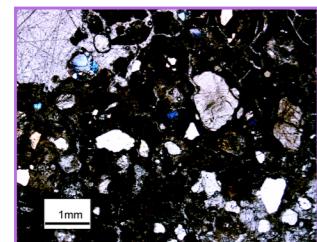
Amostra ALC11E (NP)



Amostra ALC11I (NP)

#### Zona 5

Amostras constituídas por agregados de forma semi-angulosa, pouco dispersos.  
Presença de quartzo, feldspato e biotite.



Amostra ALC8E (NP)

#### Zona 4

Amostra constituída por agregados de forma semi-angulosa.  
Presença de quartzo e feldspato.

### 6.4.3 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X (DRX)

A caracterização mineralógica das amostras das argamassas em estudo, foi realizada recorrendo à técnica de difração de raios-x de pós (DRX). Na tabela 005 apresenta-se a composição mineralógica das FG das amostras em estudo e nas fig.074, 075, 076, 077 e 078 os difratogramas obtidos nas FG das amostras das Zonas 1, 2, 3, 4 e 5, respetivamente.

A análise por difração de raios-x permitiu a identificação de quartzo, calcite, feldspatos potássicos, plagioclases, micas, minerais de argila, gesso e sais nas amostras de argamassas em estudo.

De um modo geral, é possível inferir que o quartzo, os feldspatos potássicos (ortoclase, sanidina, microclina, anortoclase) e a calcite são as principais fases cristalinas das FG das amostras analisadas, tendo sido identificados em todas as argamassas. As plagioclases (albita, anortita, labradorite) e as micas (biotita, moscovite, flogopite, clinocloro), são minerais presentes na constituição de grande parte das FG das argamassas, mas em menores quantidades, sendo por vezes detetados apenas como vestígios.

As argilas (illite, caulinite), a dolomite, pirite e sais solúveis, nomeadamente, gesso (sulfato de cálcio dibidratado,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e nitrito de sódio ( $\text{NaNO}_3$ ) são minerais que aparecem pontualmente em algumas amostras, mas sem grandes expressões nos seus constituintes minerais.

Os resultados evidenciam ainda uma composição mineralógica similar entre as amostras de cada zona e entre as amostras das diferentes zonas e permitem inferir de que se trata de argamassas de cal aérea.

As amostras ALC1A e ALC1B da zona 1, não intervencionada, apresentam uma composição mineralógica análoga tendo sido identificadas, como principais fases cristalinas, quartzo, calcite, feldspatos potássicos (microclina, ortoclase), plagioclases (albite, anortita) e micas (moscovite).

No ALC1B foram ainda identificados (labradorite variedade de plagioclase, micropertite que é uma ortoclase).

Nas amostras ALC2E, ALC2I, ALC3, ALC4E, ALC4I e ALC5 da Zona 2, foram identificadas nas suas composições mineralógicas, quartzo, calcite, feldspatos potássicos (microclina, ortoclase, anortoclase e sanidine). As plagioclases (albita e anortita), foram apenas identificadas nas amostras ALC2EXT, ALC2INT, ALC4INT e ALC5.

Foram ainda identificadas Micas (flogopite, biotite e moscovite) nas amostras ALC2INT, ALC3, ALC4EXT e ALC5; Micropertite nas amostras ALC2E, ALC3 e ALC4E; e Gismondina nas amostras ALC2E, ALC2I, ALC3 e ALC4E.

Nas amostras ALC6E, ALC6I ALC7E e ALC7I da Zona 3, foram identificadas nas suas composições mineralógicas, quartzo, calcite. À exceção da amostra ALC6E, foram identificados feldspatos potássicos (microclina, sanidine, ortoclase, micropertite) em todas as amostras desta zona. Foram ainda identificadas Micas (flogopite, biotite e moscovite), nas amostras ALC6E, ALC6I e ALC7E; Gismondina nas amostras ALC6E, ALC6I e ALC7I; e Dolomite nas amostras ALC6E e ALC7. De todas as amostras, a ALC7I, é a única que apresenta na sua composição plagioclases (albita).

Na amostra ALC8E da Zona 4, foram identificadas a calcite, quartzo, feldspatos potássicos (microclina), gismondina e argilas (illite e kaolinita).

Nas amostras ALC9E, ALC9I, ALC10R, ALC10T, ALC11Ee, ALC11EI da Zona 5, foram identificadas nas suas composições, quartzo, calcite, feldspatos potássicos (microclina, micropertite, ortoclase, sanidine e anortoclase), plagioclases (albita, labradorite e anortita), micas (moscovite, flogopite, clinocloro e biotite) e gismondina. Na amostras ALC9E e ALC11Ee foram ainda identificadas argilas (illite) e dolomite.

Tab. 005. Caracterização mineralógica das FG das amostras de argamassas em estudo.

AMOSTRA	FASES CRISTALINAS IDENTIFICADAS POR DRX								
	FELDSPATOS								
	Quartzo	Calcite	Potássicos	Plagioclase	Micas	Argilas	Dolomite	Nitratina	Gesso
ALC1A	++	V	++	+	V	-	-	-	-
ALC1B	++	V	++	+	V	-	-	-	-
ALC2E	++	+	++	V	-	-	-	-	-
ALC2I	+	+	+++	V	V	-	-	V	-
ALC3	++	+	+++	-	V	-	-	-	-
ALC4E	++	+	+++	-	-	-	-	-	-
ALC4I	+	V	+	++	+	-	-	-	-
ALC5	+	V	++	++	-	-	-	-	-
ALC6E	+	+	+	+	+	-	+	-	-
ALC6I	++	V	+	-	+++	-	-	-	-
ALC7E	++	++	++	-	+	-	V	-	-
ALC7I	+++	+	+	+	-	-	-	-	-
ALC8E	+	++	+	-	-	++	-	-	-
ALC9E	+	+	+	V	+	V	+	-	-
ALC9I	+	+	+	+	+	-	-	-	V
ALC10R	+	V	+++	V	V	-	-	-	-
ALC10T	+	+	+++	++	-	-	-	V	-
ALC11EE	+	++	+	-	V	V	+	++	-
ALC11EI	++	+	++	-	+	-	-	+	-
ALC11I	+	V	+	-	+	-	-	V	V

(picos de intensidade: dominante ++++, maior ++, menor +, vestígios V, não detetado -)

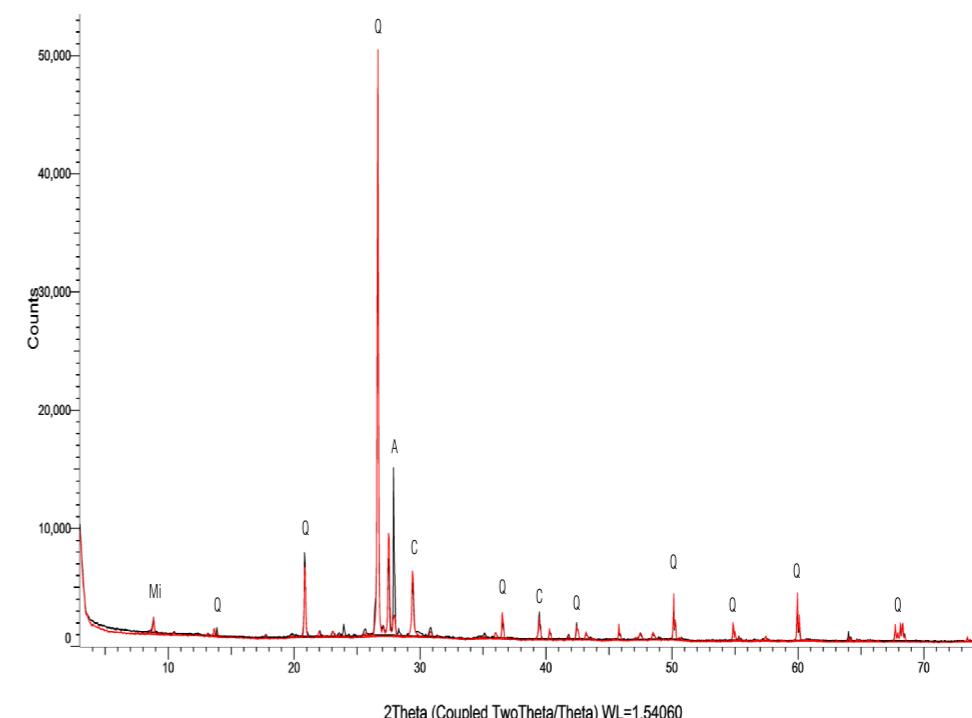
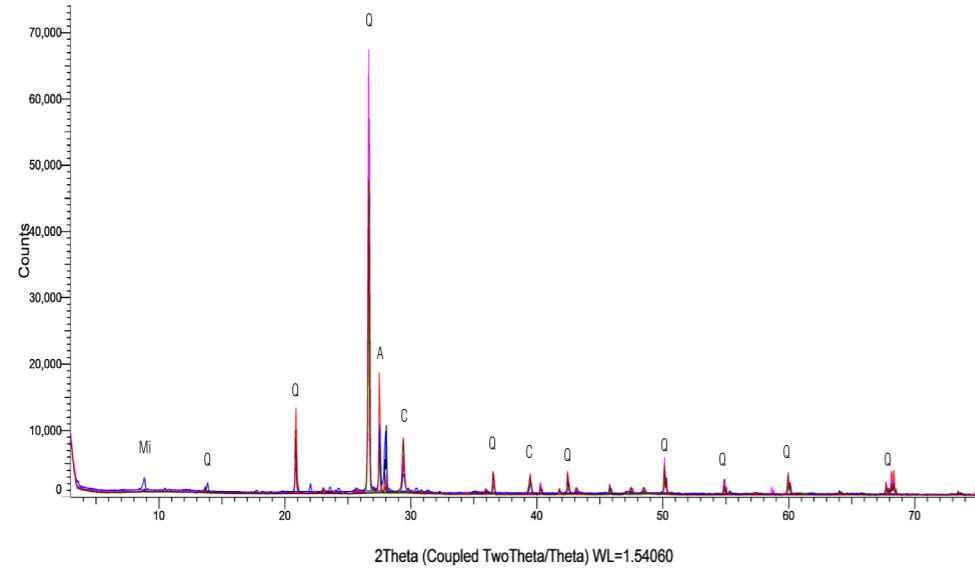
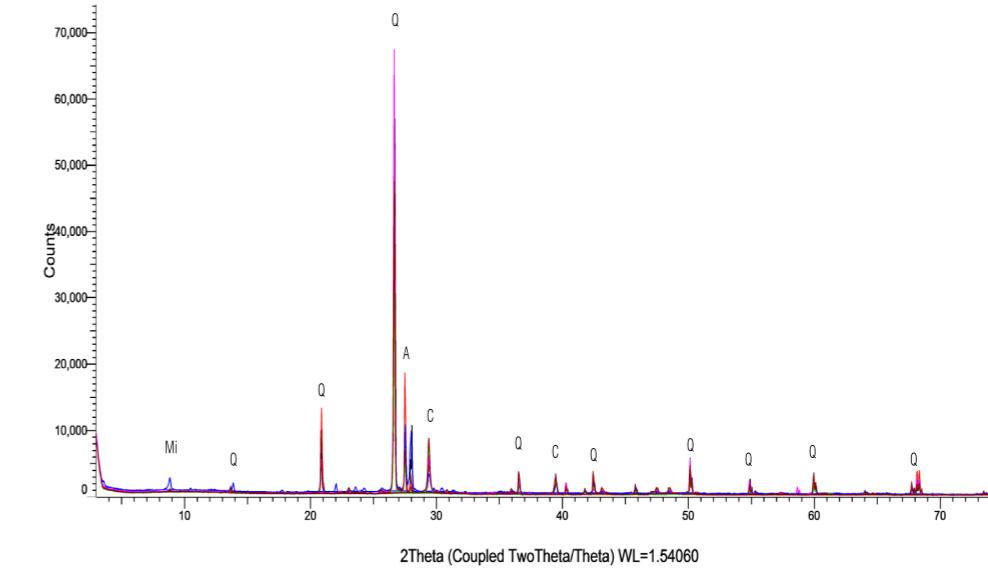


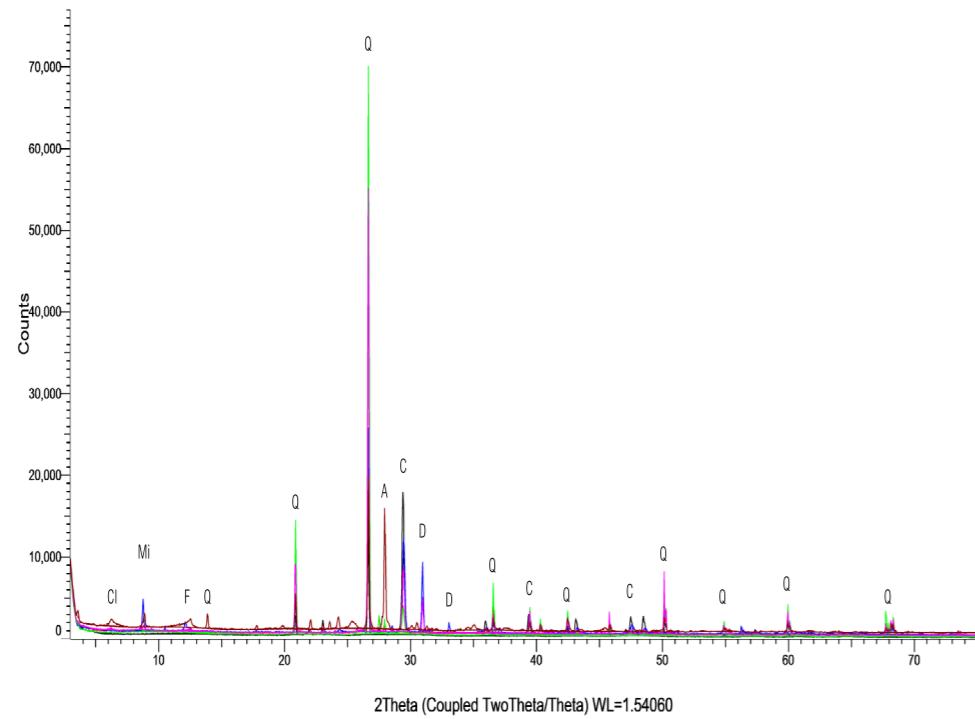
Fig. 074. Difratogramas das FG das amostras da Zona 1 – ALC1A (vermelho), ALC1B (preto) – (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: Mica, A: Albite).



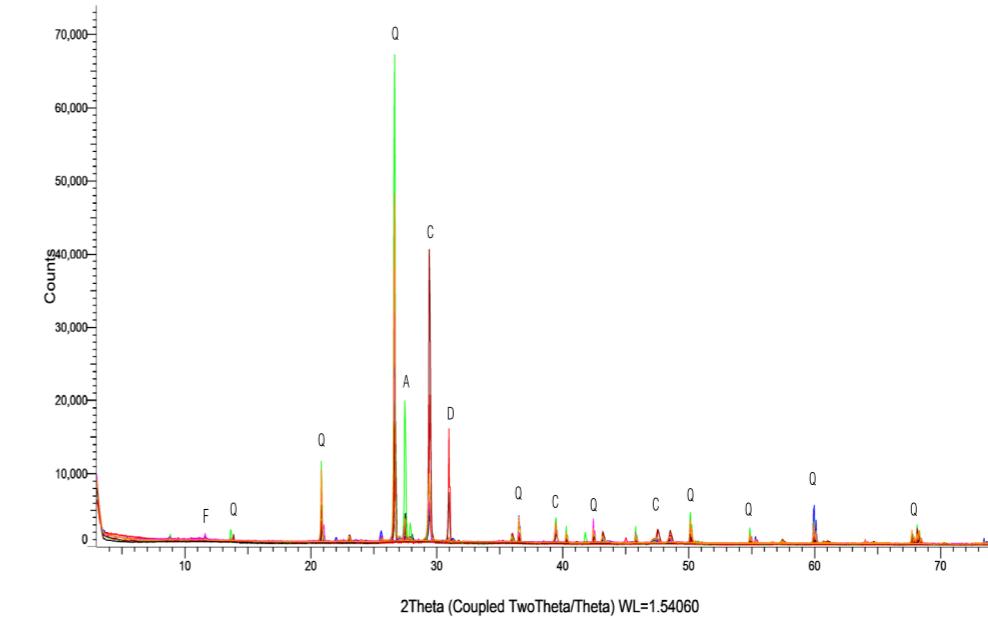
**Fig. 075.** Diffractogramas das FG das amostras da Zona 2 \_ ALC2E (rosa), ALC2I (vermelho), ALC3 (verde), ALC4E (castanho), ALC4I (azul), ALC5 (preto) - (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: Mica, A: Albite).



**Fig. 077.** Diffractogramas das FG das amostras da Zona 4 \_ ALC8E (preto), ALC8I (vermelho) - (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: Mica, A: Albite).



**Fig. 076.** Diffractogramas das FG das amostras da Zona 3 \_ ALC6E (azul), ALC6I (vermelho), ALC7E (rosa), ALC7I (verde) (Q: quartzo, C: calcite, F: feldspatos, Mi: Mica, A: Albite, Cl: Clinochlore, D: Dolomite).



**Fig. 078.** Diffractograma das amostras da Zona 5 \_ ALC9E (vermelho), ALC9I (azul), ALC10T (preto), ALC10R (verde), ALC11Ee (castanho), ALC11Ei (laranja), ALC11I (rosa) - Q: quartzo, C: calcite, F: Feldspato, A: Albite).

#### 6.4.4 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (ATG)

A análise termogravimétrica (ATG) é uma das técnicas de análise térmica mais simples e mais usada na medição contínua da variação de massa de uma amostra em função da temperatura ou do tempo. Uma amostra, quando submetida a um processo de aquecimento com velocidade constante, sofre uma redução de massa sempre que ocorrem reações de desidratação, desidroxilação ou de descarbonatação e, contrariamente, um aumento de massa quando ocorrem reações de oxidação, hidratação ou carbonatação. Uma vez que essas perdas ou ganhos de massa se verificam em intervalos de temperatura que são característicos de um determinado composto é possível a sua identificação e quantificação.

O registo obtido relaciona a variação de massa (em percentagem), no eixo das abscissas, com a temperatura, no eixo das ordenadas, e designa-se por termograma ou curva termogravimétrica.

Uma variante da análise termogravimétrica, denominada análise termogravimétrica diferencial (DTG), consiste em representar o valor da derivada da variação de massa no eixo das abscissas dos termogramas. A primeira derivada da curva termogravimétrica ajuda a definir as temperaturas inicial e final em que ocorrem as reações químicas durante o processo de aquecimento da amostra (Silva, 2002).

A análise termogravimétrica permite complementar a informação obtida através da caracterização mineralógica por difracção de raios-x.

Os resultados obtidos foram analisados utilizando os intervalos de temperatura estabelecidos como critério por vários autores (Moropoulou et al., 1995; Bakolas et al., 1998; Genestar et al, 2006; Ingo et al., 2004; Bartz & Filar, 2010; Corti et al, 2013). No primeiro intervalo, desde os 40°C até 200°C, ocorre a perda de água fisicamente adsorvida ou água de humidade, assim com as perdas de água de cristalização associada, por exemplo, a sais hidratados. A adsorção física de água pode ser favorecida pela presença de fragmentos porosos de cerâmica.

No segundo intervalo de temperaturas compreendido entre os 200 e 600°C, ocorre a perda de água estrutural de compostos hidráulicos (aluminossilicatos hidratados, silicatos de cálcio hidratados, etc.) e de minerais de argilas, como por exemplo, fragmentos de tijolos.

No terceiro intervalo de temperaturas compreendido entre os 600 e 900°C ocorre a perda de dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , resultante da reação de decomposição do carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , (calcite) (C. Genestar, et al, 2006), traduzida pela equação:



Considerando que a reação de descarbonatação ocorre na gama de temperaturas mencionadas, o teor de carbonato de cálcio pode ser expresso pela seguinte equação:

$$\text{CaCO}_3 \text{ (% mássica)} = M(\text{CaCO}_3) * \Delta m\text{TGA} / M(\text{CO}_2)$$

Onde:

$M(\text{CaCO}_3)$  – Massa molar do carbonato de cálcio (100,082 g/mol)

$M(\text{CO}_2)$  - Massa molar do dióxido de carbono (44,02 g/mol)

e

$\Delta m\text{TGA}$  - variação de massa (%) correspondente à libertação do dióxido de carbono

Na generalidade as curvas termogravimétricas obtidas com as FG das amostras em estudo mostram que os valores de perda de massa mais significativos ocorrem entre os 600 e 900°C o que permite inferir que se tratam de argamassas predominantemente de cal aérea, isto é, de argamassas de ligantes aéreos calcíticos. Estes resultados corroboram os obtidos pela técnica de difração de raios-x.

De salientar, nos termogramas das amostras ALC9-EXT e ALC11-INT, valores mais significativos de perda de massa registados a aproximadamente 150°C, e que podem ser atribuídos à desidratação do gesso (sulfato de cálcio dihidratado). A decomposição térmica do gesso ocorre em duas etapas correspondentes à decomposição do gesso dihidratado em hemihidratado e do hemihidratado em anidro. A presença deste sal também é corroborada pelos resultados obtidos pela técnica de difração de raios-x.

Nas curvas DTG das amostras ALC7-INT, ALC7-EXT, ALC8-EXT, ALC9-EXT, ALC9-INT, ALC10-Taipa, ALC-11EXTEXT e ALC11-INT observa-se um pico ligeiro a aproximadamente, 650°C, indicativo da presença de dolomite. Mais uma vez os resultados estão em linha com os obtidos pela técnica de difração de raios-x.

As perdas de massa, no intervalo de temperaturas compreendido entre os 200°C e os 600°C, subdivididas nas gamas dos 200 a 350°C e 350 a 550°C, é, por vezes, indicativa da presença de hidromagnesite e de maganesite (Adriano et al., 2008). Porém nenhuma destas fases mineralógicas foi identificada por DRX o que não permite concluir a existência destas fases cristalina nas amostras de argamassas estudadas. Na tabela 006 apresentam-se os valores de variação de massa correspondentes ao intervalo de temperaturas de 600 a 900°C, o teor de carbonato de cálcio e a razão "ligante":agregados.

Dada análise desta tabela é possível concluir que as argamassas ALC1A, ALC1B, ALC2E, ALC2I, ALC5, ALC10R, ALC10T, ALC11EI e ALC11I têm uma percentagem de calcite semelhante (11-16%), as amostras ALC4I, ALC6I, ALC7E, ALC7I, ALC8I e ALC9I, foram identificadas como as que possuem menor quantidade de calcite (0-9%), e as amostras ALC3, ALC4E, ALC6E, ALC8E, ALC9E, ALC11EE, as que apresentam uma elevada percentagem de calcite (20-51%).

A presença de agregados carbonatados, nódulos de cal e de materiais de origem biogénica (concha), cuja decomposição térmica ocorre no intervalo de temperaturas entre 600 e os 900°C, verificada nas amostras ALC1A, ALC1B, ALC2I, ALC5 e ALC6I, induz em erro, a determinação da razão ligante:agregados.

**Tab. 006** Gamas de temperatura TG/DTG (°C) e perdas de massa (%) de todas as amostras em individual.

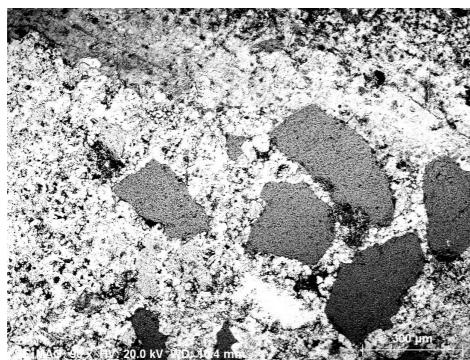
Amostras	Perda de massa / % 600-900°C	Teor de carbonato de cálcio / %	Razão "ligante:agregado"
ALC1A	6,66	15,25	1:6
ALC1B	4,82	11,04	1:8
ALC2E	7,35	16,83	1:5
ALC2I	7,1	16,26	1:5
ALC3	9,16	20,98	1:4
ALC4E	10,48	24	1:3
ALC4I	3,94	9,02	1:10
ALC5	7,07	16,19	1:5
ALC6E	14,36	32,89	1:2
ALC6I	4,94	1,65	1:60
ALC7E	5,89	1,31	1:75
ALC7I	2,26	0,64	1:156
ALC8E	14,34	32,84	1:2
ALC9E	21,65	49,59	1:1
ALC9I	2,75	6,3	1:15
ALC10R	6,37	14,59	1:6
ALC10T	6,68	15,3	1:6
ALC11Ee	22,35	51,19	1:1
ALC11EI	7,11	16,28	1:5
ALC11I	6,41	14,68	1:6

#### 6.4.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARRIMENTO (MEV) - ESPETROMETRIA DE RAIOS-X DISPERSIVA DE ENERGIA (EDS)

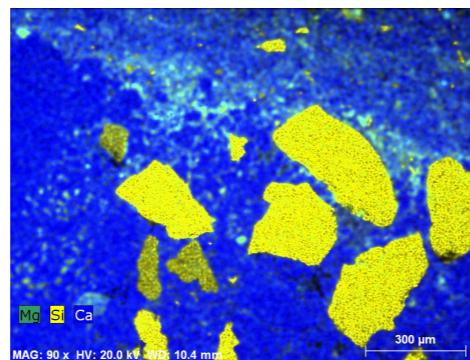
A microscopia eletrônica de varrimento (MEV) associada à análise por espetrometria de raios X dispersiva de energia (EDS) permite observar aspectos micro-estruturais das argamassas, e a composição dos seus agregados e fase ligante.

Foram analisadas argamassas da Zona 1 (ALC1A), argamassas da Zona 2 (ALC2E, ALC2I, ALC4E, ALC4I, ALC5), e argamassas da Zona 3 (ALC6E e ALC6I).

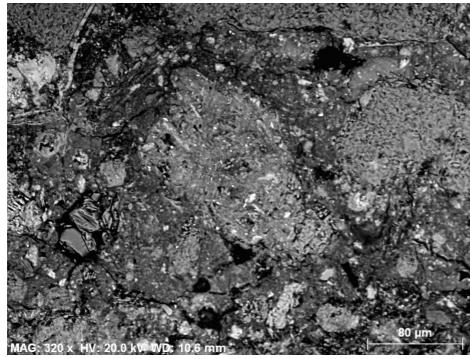
A argamassa ALC1A (fig.079) revela alguma heterogeneidade relativamente à fase ligante. A parte superior (externa, fig.080) apresenta agregados de quartzo (Si) e feldspatos potássicos. Na parte inferior da amostra (fig.081) verifica-se, além dos agregados de quartzo e feldspato, a presença de minerais de argila (Al e Si) na fase ligante associados a fragmentos de cal calcítica (Ca) (fig.082).



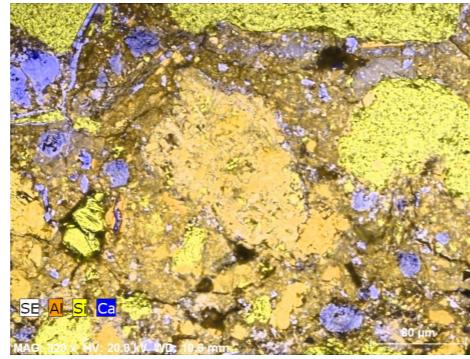
**Fig. 079.** Amostra ALC1A (parte superior/exterior)  
Imagen BSE aspeto textural parte externa da camada.



**Fig. 080.** Amostra ALC1A (parte superior/exterior)  
Distribuição elementar EDS para os elementos Si, Ca e Mg. Evidenciando a fase ligante calcítica.

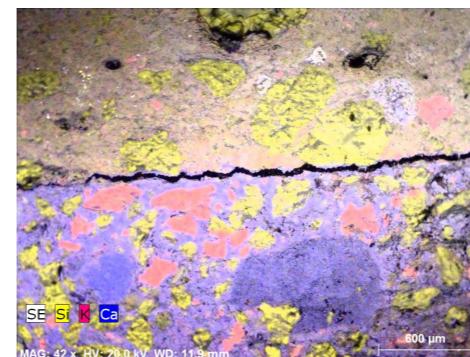


**Fig. 081.** Amostra ALC1A (parte inferior/interior)  
Imagen BSE aspeto textural.

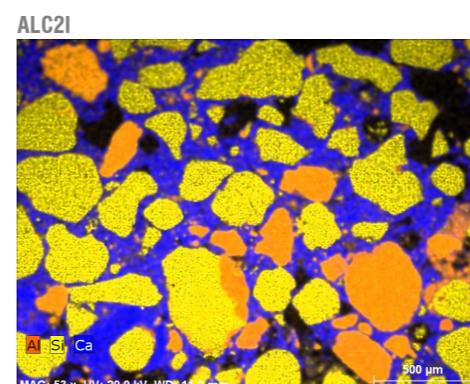


**Fig. 082.** Amostra ALC1A (parte inferior/interior)  
Distribuição elementar EDS para os elementos Si, Ca e Al.

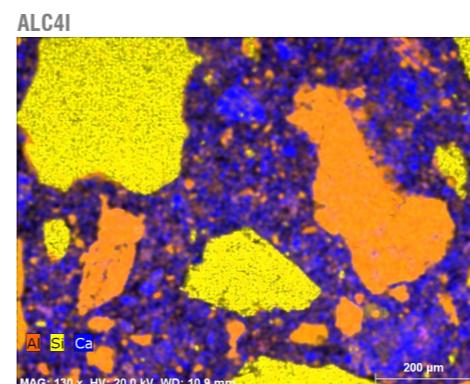
Nas amostras da Zona 2 e Zona 3 verifica-se a presença generalizada de uma fase ligante de composição calcítica sublinhada pela presença de Ca nos mapas elementares (fig.083). Os agregados essencialmente quartzo, com mais ou menos feldspato potássico apresentam formas sub-angulares a sub-roladas. Verifica-se na amostra ALC6E, da Zona 3, uma maior heterogranularidade a nível dos agregados, e a presença de agregados de pequenas dimensões, de composição calcítica (fig.084).



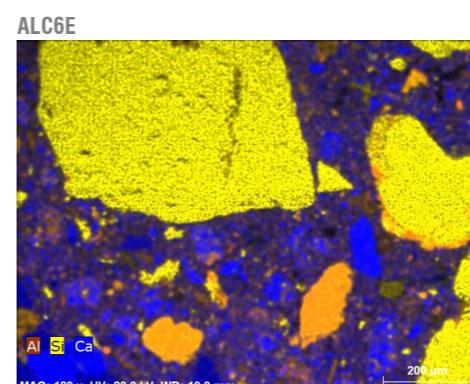
**Fig. 083.** Amostra ALC-2E: Distribuição elementar EDS para os elementos Si, K Ca. Fragmento cerâmico (cima) a contactar argamassa e nódulo de cal.



**ALC2I**



**ALC4E**

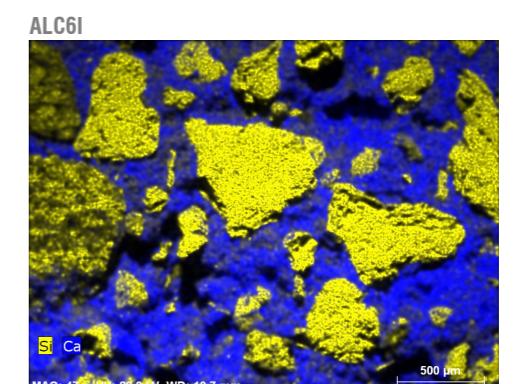


**ALC4I**

**ALC5**



**ALC6E**



**ALC6I**

#### 6.4.6 ATAQUE ÁCIDO E GRANULOMETRIA

A estimativa da relação entre a quantidade em massa do agregado e o ligante, das argamassas, foi realizada através da técnica de análise, que resulta da solubilização do ligante calcítico em ácido clorídrico (1:3). Deste modo determina-se assim a proporção de fração solúvel, indicativa da quantidade de ligante calcítico/carbonatado, sais solúveis, matéria orgânica e agregados carbonatados, relativamente ao resíduo insolúvel, constituído por agregados siliciosos presentes nas amostras. Depois do ataque ácido, procede-se já com os agregados isolados, a sua análise granulométrica e observação à lupa (Silva et al., 2006).

Para a realização desta técnica de análise foi necessário, para as amostras que continham material suficiente, dissolver em duplicado aproximadamente 10g de cada amostra, e calcular os valores médios de fração solúvel e resíduo insolúvel. Contendo pouco material, as amostras ALC2 e ALC7I foram analisadas apenas uma vez, ao contrário das amostras ALC4E, ALC11Ee E ALC11Ei, que devido à falta de material, não foi possível aplicar esta técnica.

A percentagem de fração solúvel varia entre os 15,7-70,5% e o resíduo insolúvel entre os 29,5-84%. Tal como demonstra a fig.085, de um modo geral, as amostras contabilizam cerca de 72,2-84% de resíduos insolúveis, variando a razão "fração solúvel:resíduo insolúvel", entre 1:3 e 1:5. As amostras ALC6E, ALC7E, ALC10T e ALC11I, registam uma menor percentagem de resíduos insolúveis, variada entre os 54,2-64,8%, e com uma razão "fração solúvel:resíduo insolúvel", entre 1:1 e 1:2. Por último, as amostras ALC8E e ALC9E, que apresentam as maiores percentagens de fração solúvel, contabilizando cerca de 29,5-38,9% de resíduo insolúvel com uma razão "fração solúvel:resíduo insolúvel" de 1:0 e 2:1 respetivamente.

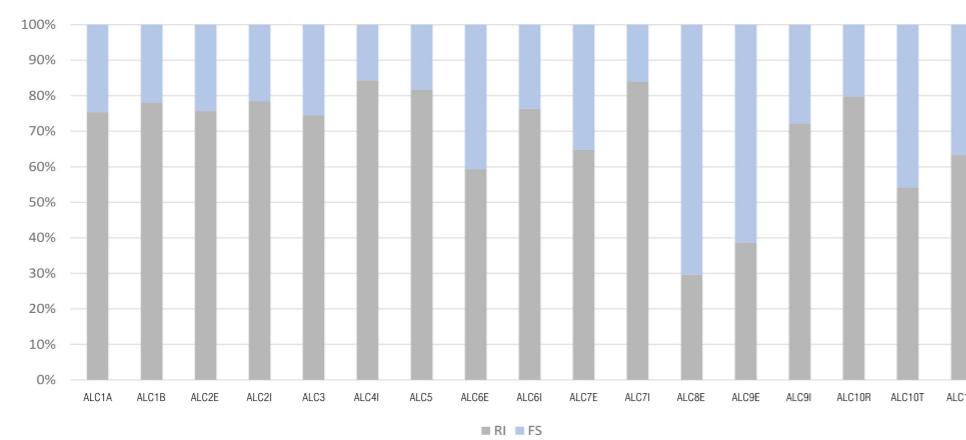


Fig. 085. Percentagem mássica de resíduo insolúvel e de fração solúvel das amostras de argamassas estudadas, obtida por ataque ácido.

Na tab.007 apresenta-se a composição simplificada das amostras de argamassa, calculada com base no método de "Jedrzejewska" (Jedrzejewska, 1960) para argamassas de cal antigas, o qual considera três tipos de constituintes: "areia" (correspondente ao resíduo insolúvel do ataque ácido), "carbonatos" e "fracção solúvel" em ácido (compostos solúveis em ácido sem formação de dióxido de carbono).

Tab. 007. Composição simplicada das argamassas (% em massa)

Amostra	Agregados <sup>(1)</sup>	Teor Carbonato / % <sup>(2)</sup>	Fração Solúvel <sup>(3)</sup>
ALC1A	6,7	15,1	9,6
ALC1B	4,8	11,0	10,9
ALC2E	7,4	16,7	7,6
ALC2I	7,1	16,1	5,4
ALC3	9,2	20,8	4,7
ALC4E	10,5	23,8	x
ALC4I	3,9	9,0	6,7
ALC5	7,1	16,1	2,2
ALC6E	14,4	32,6	8,2
ALC6I	4,9	11,2	12,5
ALC7E	5,9	13,4	21,8
ALC7I	2,3	5,1	10,9
ALC8E	14,3	32,6	37,9
ALC9E	21,7	49,2	12,1
ALC9I	2,8	6,3	21,5
ALC10R	6,4	14,5	5,7
ALC10T	6,7	15,2	30,6
ALC11EE	22,4	50,8	x
ALC11Ei	7,1	16,2	x
ALC11I	6,4	14,6	22,1

(1) - Resíduo insolúvel em ácido nítrico, RI

(2) - Calculado a partir dos teores de CaCO<sub>3</sub> por ATG

(3) - Fração Solúvel = 100 -  $\sum$ (RI + Carbonatos)

Valores de fração solúvel mais elevados foram observados em algumas amostras das Zonas 3, 4 e 5, (tab.007), referenciadas como amostras mais recentes e associadas a diversas intervenções. De acordo com Silva et al, os maiores valores de fracção solúvel são indiciadores de uma maior quantidade de compostos de neoformação e/ou hidráulicos. É sabido que os compostos siliciosos presentes nos materiais pozolânicos (agregados alterados/pozolanas naturais/pozolanas artificiais) reagem com a cal, em presença de humidade, dando origem à formação de silicatos e aluminatos de cálcio hidratados, compostos estes que contribuem para uma maior durabilidade das argamassas de cal. Não obstante, as referidas fases de neoformação não foram identificadas nas amostras das argamassas em estudo.

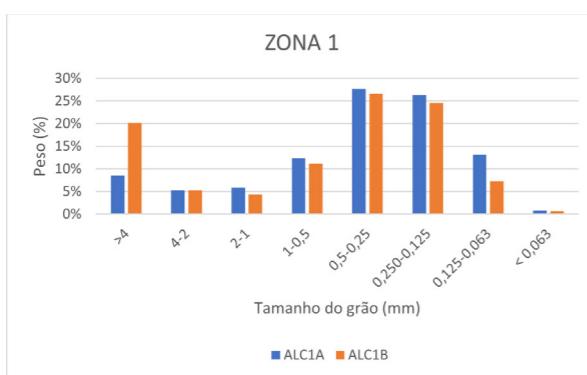
Neste ensaio, a classificação das distribuições granulométricas dos agregados foi feita através da crivagem do resíduo insolúvel, identificando assim a fração dominante de agregados, em cada amostra. As dimensões das malhas da bateria de crivos foram as seguintes; 4mm, 2mm, 1mm, 500 $\mu\text{m}$ , 250 $\mu\text{m}$ , 125 $\mu\text{m}$ , 63 $\mu\text{m}$  e <63 $\mu\text{m}$ .

À exceção das argamassas de revestimento ALC4I e ALC9I que apresentam uma maior percentagem de fração entre os 500 $\mu\text{m}$  e 1mm, e a amostra ALC8E com maior percentagem de fração entre os 125 e 250 $\mu\text{m}$ , as restantes amostras (ALC1A, ALC1B, ALC2E, ALC2I, ALC3, ALC5, ALC6E, ALC6I, ALC7E, ALC7I, ALC9I, ALC10R, ALC10T e ALC11I), apresentam maior percentagem de fração com dimensão de partículas compreendida entre 250 $\mu\text{m}$  e 500 $\mu\text{m}$  (fig.086,087,088,089,090).

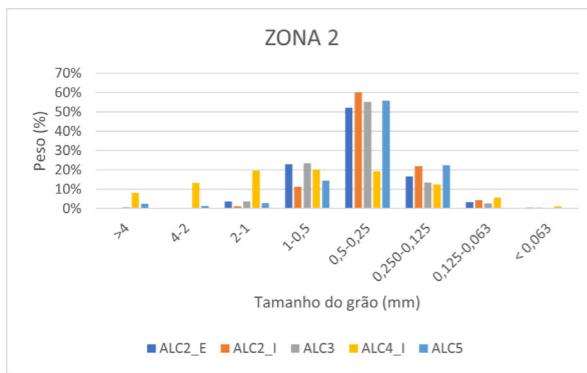
Os valores médios dos resíduos insolúveis foram também analisados segundo o software de estatísticas GRADISTAT, (fig.091), (BLOTT Simon 2010), elaborado de acordo com os grupos texturais definidos por Udden J.A. (1914) e Wentworth C.K. (1922), projetando assim, as amostras nos respectivos grupos texturais.

De acordo com a projeção, as amostras distribuem-se por 3 grupos texturais: desde areias (ALC7I), areias ligeiramente cascalhentas (ALC2E, ALC2I, ALC3, ALC5, ALC10R e ALC11I), a areias cascalhentas (ALC1A, ALC1B, ALC4I, ALC6E, ALC6I, ALC7E, ALC8E, ALC9E, ALC9I e ALC10T).

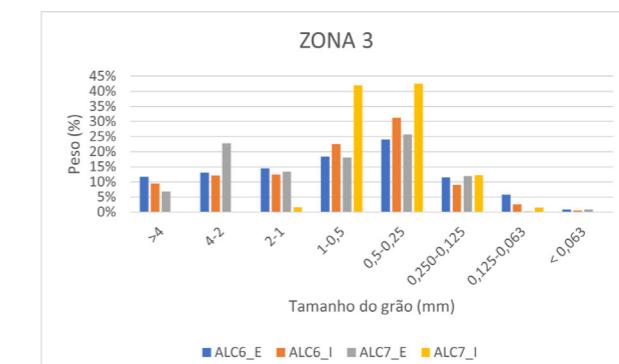
À exceção das amostras ALC1B, ALC7E e ALC10T, que apresentam uma tendência bimodal de fração, as restantes amostras apresentam uma tendência unimodal (tab.008).



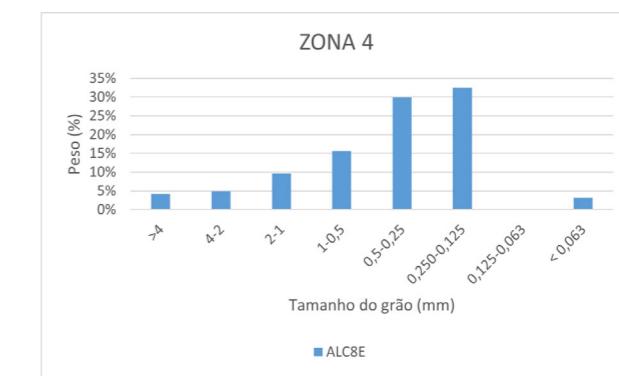
**Fig. 086.** Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da Zona 1.  
Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu\text{m}$  e 500 $\mu\text{m}$ .



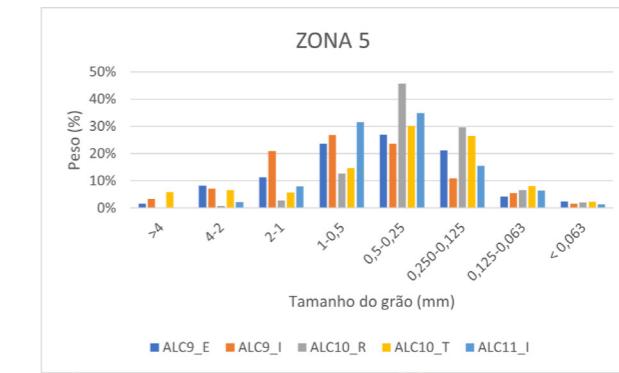
**Fig. 087.** Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da Zona 2.  
Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu\text{m}$  e 500 $\mu\text{m}$ .



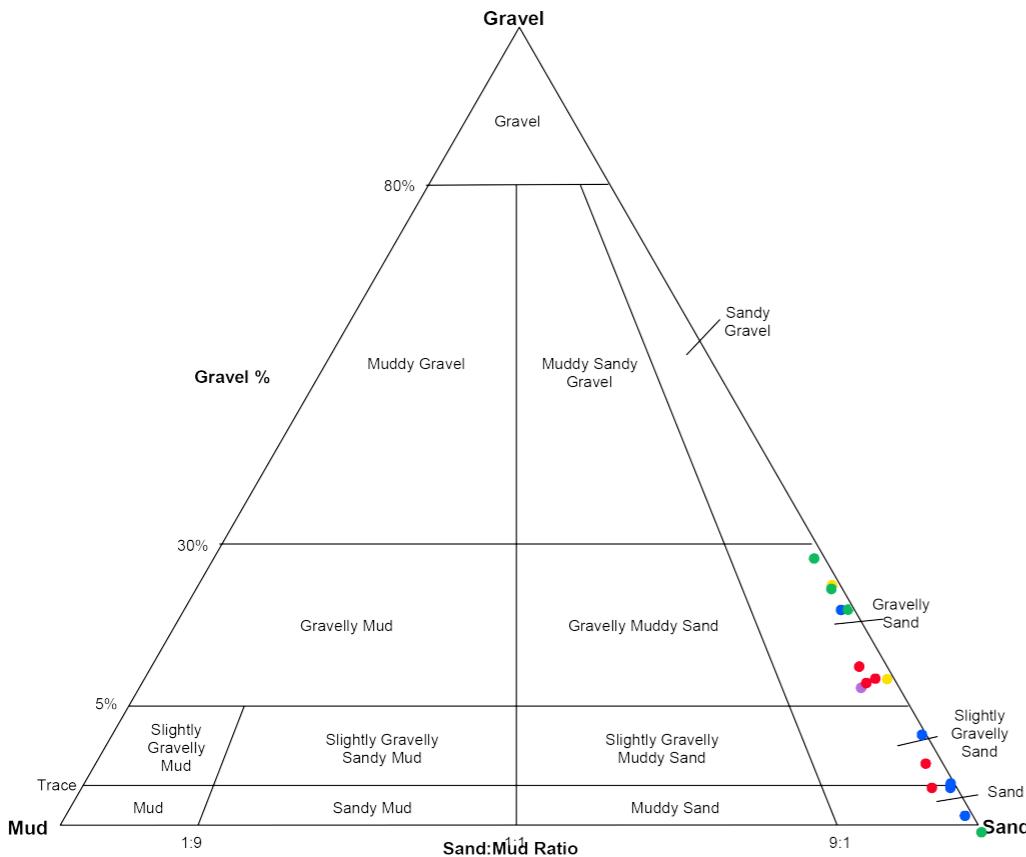
**Fig. 088.** Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de peso das amostras da Zona 3.  
Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu\text{m}$  e 500 $\mu\text{m}$ .



**Fig. 089.** Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de massa das amostras da Zona 4.  
Maior percentagem de grãos entre 125 $\mu\text{m}$  e 250 $\mu\text{m}$ .



**Fig. 090.** Distribuição granulométrica a partir de valores médios em percentagem de peso das amostras da Zona 5.  
Maior percentagem de grãos entre 250 $\mu\text{m}$  e 500 $\mu\text{m}$ .



**Fig. 091.** Diagrama de classes granulométricas para sedimentos obtidos a partir do software GRADISTAT.  
Zona 1 (amarelo); Zona 2 (azul); Zona 3 (verde); Zona 4 (roxo); Zona 5 (vermelho).

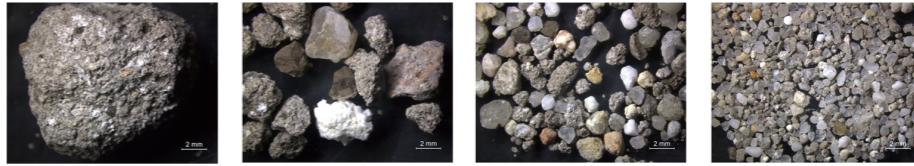
**Tab. 008.** Descrição da distribuição, fração predominante (% em massa), calibragem e grupo textural de todas as amostras.

AMOSTRA	DISTRIBUIÇÃO	FRAÇÃO PREDOMINANTE (mm) %	CALIBRAGEM	GRUPO TEXTURAL
ALC1A	Unimodal	0.5 - 0.25mm 27.6%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC1B		0.5 - 0.25mm 26.5%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC2E	Unimodal	0.5 - 0.25mm 52.0%	Moderadamente classificado	Areias ligeiramente cascalhentas
ALC2I		0.5 - 0.25mm 60.2%	Moderadamente classificado	Areias ligeiramente cascalhentas
ALC3	Unimodal	0.5 - 0.25mm 55.2%	Moderadamente classificado	Areias ligeiramente cascalhentas
ALC4I		1.0 - 0.5mm 20.2%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC5	Unimodal	0.5 - 0.25mm 55.8%	Moderadamente classificado	Areias ligeiramente cascalhentas
ALC6E		0.5 - 0.25mm 24.0%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC6I	Unimodal	0.5 - 0.25mm 31.2%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC7E		0.5 - 0.25mm 25.7%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC7I	Unimodal	0.5 - 0.25mm 42.5%	Moderadamente classificado	Areias
ALC8E		0.25 - 0.125mm 32.4%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC9E	Unimodal	0.5 - 0.25mm 27.0%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC9I		1.0 - 0.5mm 26.8%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC10T	Bimodal	0.5 - 0.25mm 30.1%	Mal classificado	Areias cascalhentas
ALC10R		0.5 - 0.25mm 45.7%	Moderadamente classificado	Areias ligeiramente cascalhentas
ALC11I	Unimodal	0.5 - 0.25mm 0.34%	Moderadamente classificado	Areias ligeiramente cascalhentas

Após crivagem os agregados foram observados através do estéreo microscópio. De acordo com análises anteriores verifica-se nas várias frações o claro predomínio de grãos de quartzo, brancos e translúcidos, associados a uma menor quantidade de feldspato. Ambos apresentam formas sub-roladas a sub-angulosas.

De acordo com as observações sob o microscópio e juntamente com a análise XRD, todas as amostras demonstram uma composição mineralógica uniforme, à exceção da amostra ALC7E que apresenta grãos de pirite na análise granulométrica (fig.092), e na DRX apresenta-se indetetável.

Zona 1 - ALC1B



Zona 2 - ALC3



Zona 3 - ALC7E



Zona 5 - ALC9I



Fig. 092. Amostras ricas em quartzo.

## 6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

As argamassas de revestimento amostradas nas muralhas de Alcácer do Sal foram sujeitas a diversas análises com o intuito de identificar e caracterizar os seus componentes nomeadamente os ligantes e os agregados.

### Ligante

Com base nos resultados obtidos por OM (microscopia óptica), DRX (difração de raios-X), ATG (análise termogravimétrica) e SEM-EDS (microscopia eletrónica de varrimento com espectroscopia de energia dispersiva), pode-se afirmar que, de forma geral, as amostras das argamassas de revestimento das muralhas de Alcácer do Sal, foram produzidas com um ligante à base de cal aérea. A presença de calcite, identificada através da DRX, quantificada por recurso à ATG, aliada à identificação de cálcio nos mapas elementares obtidos por EDS, indicam uma composição calcítica do ligante.

Adicionalmente o ataque ácido das amostras das argamassas por ação de, a solução aquosa de ácido clorídrico (HCl 1:3) indica a presença de carbonato de cálcio na fração solúvel, embora seja relevante ressalvar que agregados carbonatados e material de origem biogénica (por exemplo, fragmentos de conchas) podem ter contribuído para a sobreestimação da quantidade de ligante presente nas amostras.

### Agregados

Relativamente aos agregados usados na produção das argamassas estudadas verifica-se uma predominância de areias ricas em silício associadas a uma menor quantidade de feldspatos potássicos e micas. Esporadicamente foram identificados, nas amostras de argamassas da zona 1, fragmentos de conchas e de cerâmicas, e nas das zonas 2 e 3 fragmentos líticos (quartzitos, arenitos, mármore e argilitos)

### Razão ligante:agregados

Para as argamassas islâmicas estimou-se um traço simplificado de 1:6 e 1:8. Relativamente às restantes amostras estudadas predominam as razões ligante:agregado entre 1:3 e 1:8, não obstante verificarem-se valores extremos de 1:1 e 1:19. A variabilidade observada poderá ser atribuída, por um lado, à presença de agregados carbonatados e materiais de origem biogénica, que tendem a sobreestimar a quantidade de ligante, e, por outro, a processos localizados de lixiviação de carbonatos que tendem a subestimar a quantidade de ligante.

É de realçar que os valores de traço simplificado estimados para amostras de argamassas podem estar enviesados pela falta de representatividade da quantidade de amostra recolhida.

### Proveniência das matérias-primas

Os agregados usados na produção das argamassas islâmicas podem ser provenientes de vários depósitos aluvionares na região (Antunes, 1983). No entanto, é referido como recurso mineral, à data, a exploração de areias finas a médias da Formação de Alcácer. A presença de conchas associadas às areias nas argamassas aponta para a utilização de areias com contributo do Miocénico marinho. A escassez de pedra na região coloca os calcários do Jurássico ou a brecha da Arrábida como potenciais matérias-primas para a produção da cal usada nas argamassas mais antigas, sem contributo de materiais dolomíticos.

As técnicas analíticas utilizadas para a caracterização das amostras de argamassas em estudo não permitiu inferir a presença dos materiais referidos nos relatórios da DGEMN, descritos no capítulo 3.4.1.

# 7

## ESTRATÉGIA

### 7.1 DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA

Fragmento de uma paisagem alentejana, enquadrada entre a Serra da Arrábida, a Península de Tróia e o estuário do Sado, atualmente, a cidade de Alcácer estabelece-se principalmente junto ao rio, expandindo-se em toda a sua extensão, sendo a colina ocupada apenas pela Pousada de D. Afonso II, antiga fortaleza, uma dezena de habitações resilientes às mutações do tempo, pequenas frações de terreno agrícola, e as constantes escavações arqueológicas por parte do setor de Arqueologia, Património e Museus do Município de Alcácer do Sal.

Implantado neste lugar de rutura, entendeu-se como principais objetivos da dissertação, a importância do património arquitetónico, e as características do edificado. De modo a implementar como estratégias, soluções que assentem na sua correta preservação e, a disponibilização do património à fruição pública, através de uma proposta de percurso, que une a materialidade e a paisagem a fim de contar a história deste território.

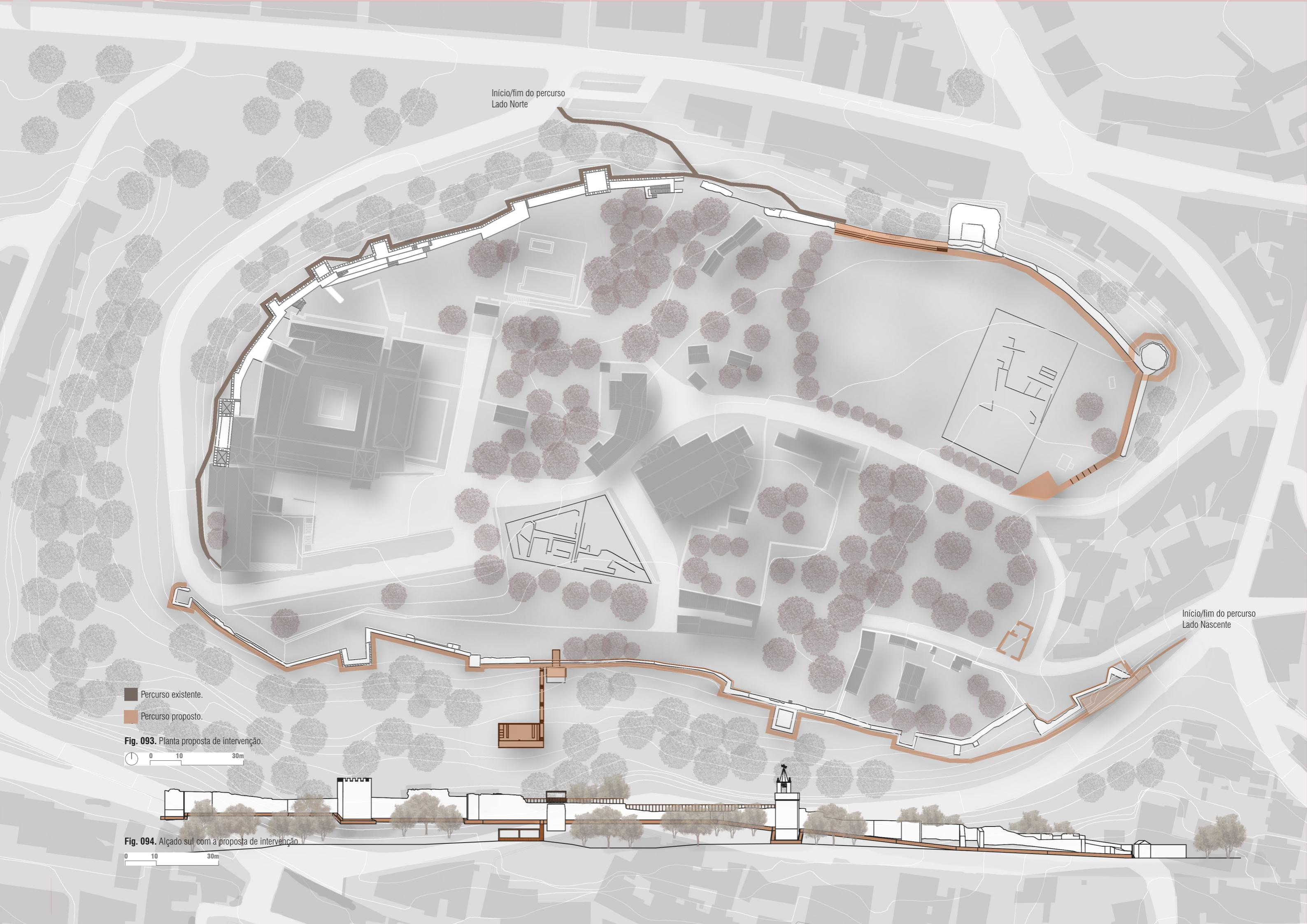
Em geral, as anomalias identificadas ao longo das muralhas, estão associadas diretamente à falta de operações de manutenção e soluções preventivas relacionadas com as condições ambientais do local mais precisamente, a água da chuva e o vento.

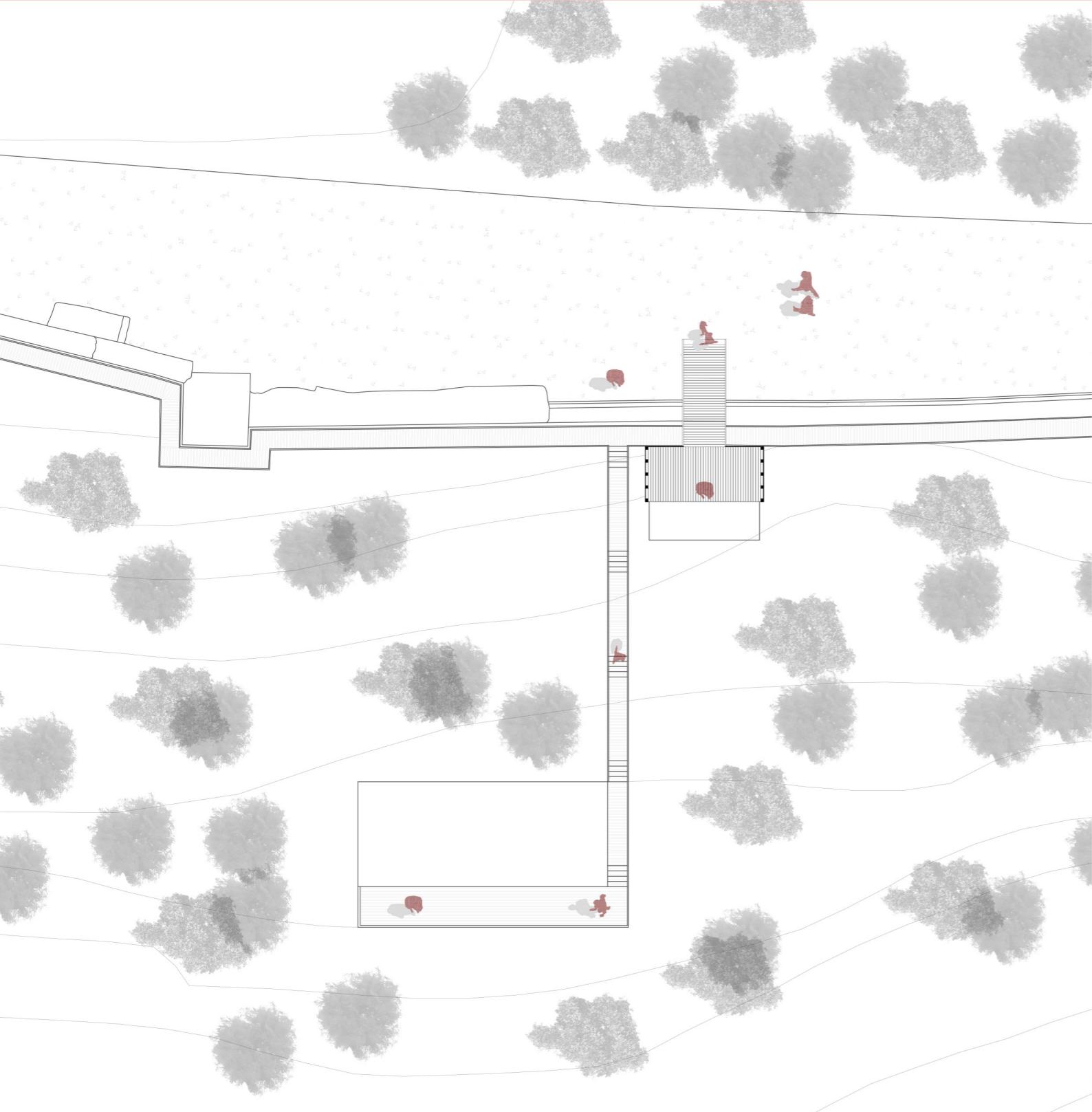
Como medidas de correção das anomalias encontradas, são propostas: a remoção dos rebocos podres, ocos ou desagregados da base e a reconstituição dos mesmos com argamassa de cal aérea ao traço 1:#, com agregados de granulometria próxima do existente, lavados e sem argila; a reconstrução dos troços de muralha por outros idênticos aos já existentes; a reconstrução dos capeamentos em falta; a remoção da vegetação através da aplicação de herbicida adequado; e a drenagem das muralhas e todo o terreno que se encontre adjacente às mesmas, de forma a que a água não fique retida nesses locais. E capear todas as zonas que se encontram desprotegidas de capeamento. Para a drenagem dos muros da Zona 5, propõe-se a abertura de drenos de 10 cm de diâmetro, afastados de 1,5 m, e colocados a cerca de 20 cm da base da muralha e do lado exterior. No interior dos drenos, propõe-se a colocação de umas "bolas" feitas de agregados rolados ( $D < 10\text{mm}$ ) envolvidos em geotextil. Esta solução irá permitir que grande parte da água consiga sair.

A ideia de disponibilizar o património à fruição pública, limpando o local e colocando elementos que criam um percurso, vem como forma de esclarecer os que outrora foram os limites do cerco amuralhado de Alcácer do Sal, e a sua relação com a paisagem. A proposta de percurso não tenta recriar as muralhas antigas, mas sim proteger e preservar os atuais troços de muralhas, e recuperar a memória e o significado do local. Para isso foi criado um percurso de 1km que se ramifica em pontos de observação, escadas e caminhos de ligação, que orienta os visitantes e lhes mostra os vestígios e significados do local (fig.094).

Os materiais escolhidos para a construção do percurso, são o metal e a madeira. Foram escolhidos de modo a interagir positivamente com a paisagem, criando um diálogo contínuo entre as muralhas e a vegetação. A utilização destes materiais irá permitir também a reversibilidade em caso de futuras intervenções. Os elementos metálicos em contacto com as argamassas de cal são previamente protegidos com telas de neoprene para evitar que ocorra a corrosão nesses elementos anos mais tarde.

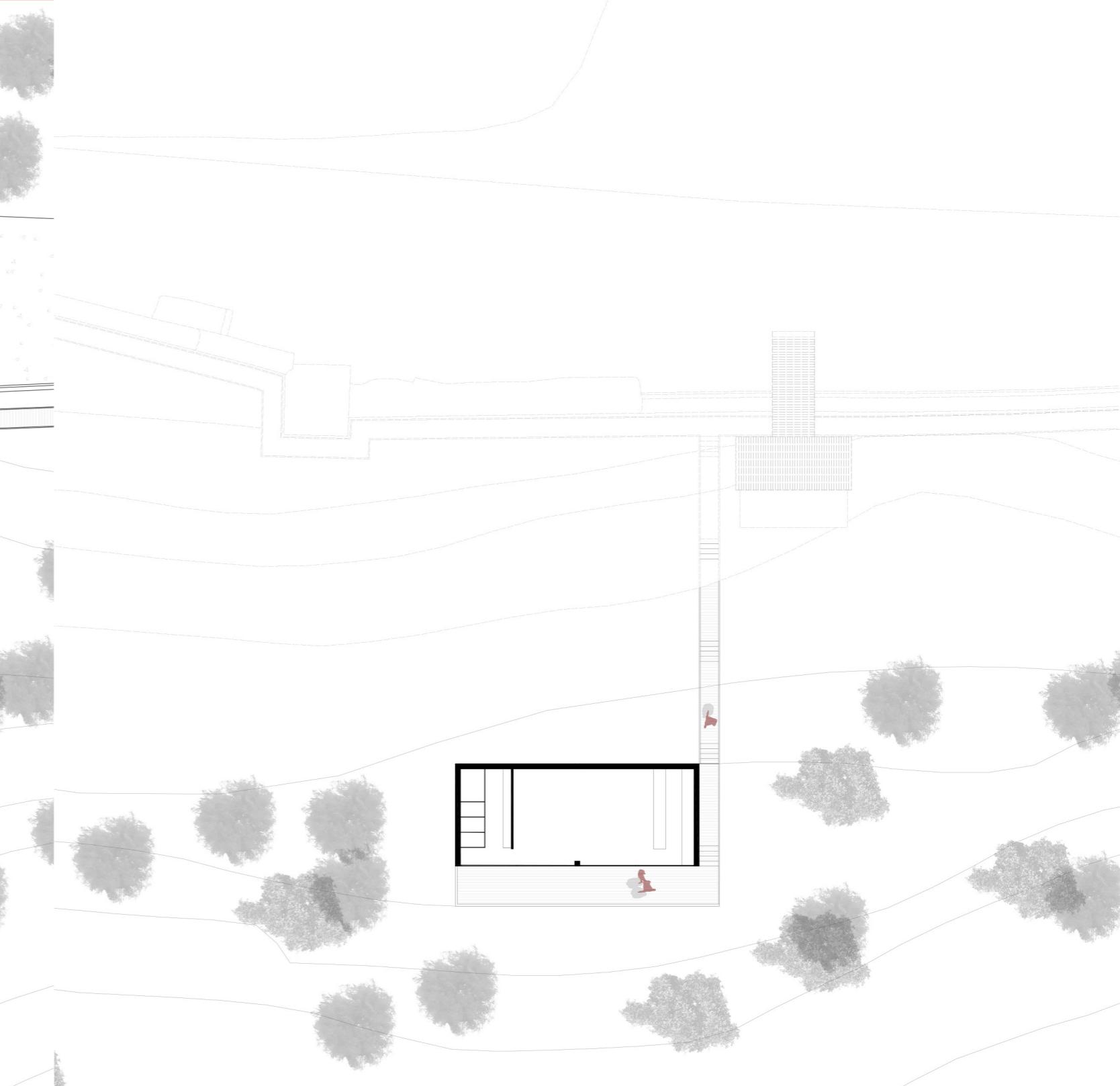
Nas fig.095-102 estão os cortes, alçados e pormenores da proposta.





**Fig. 095.** Planta do Miradouro.

0 2 6m



**Fig. 096.** Planta do espaço de restauração.

0 2 6m



Fig. 097. Colagem com proposta de intervenção do miradouro (sem escala)

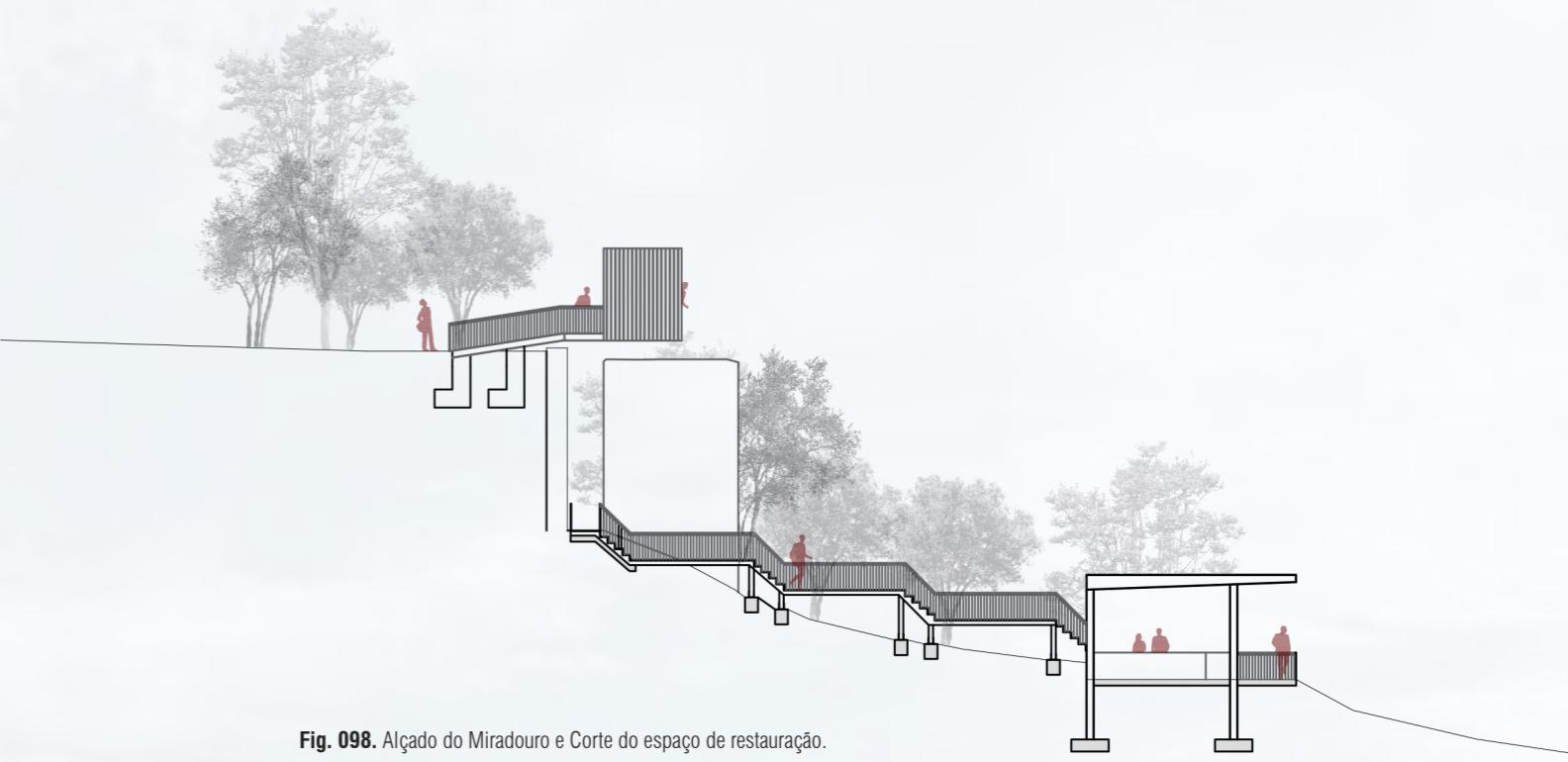
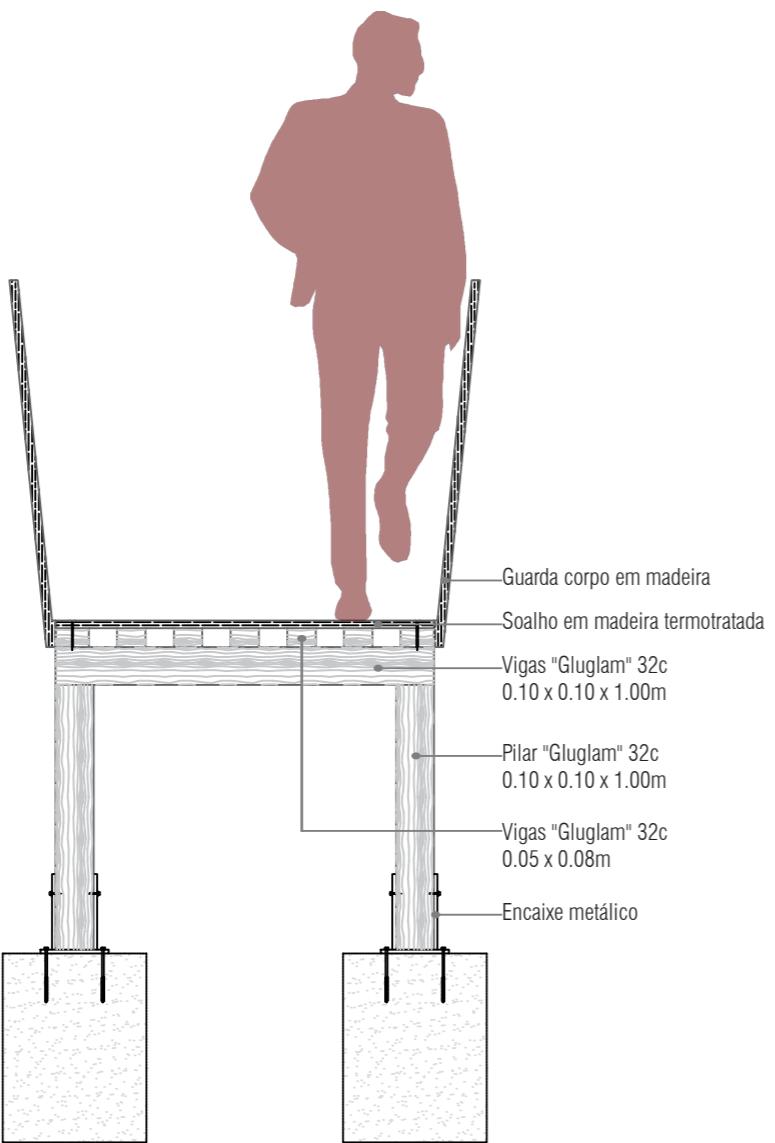


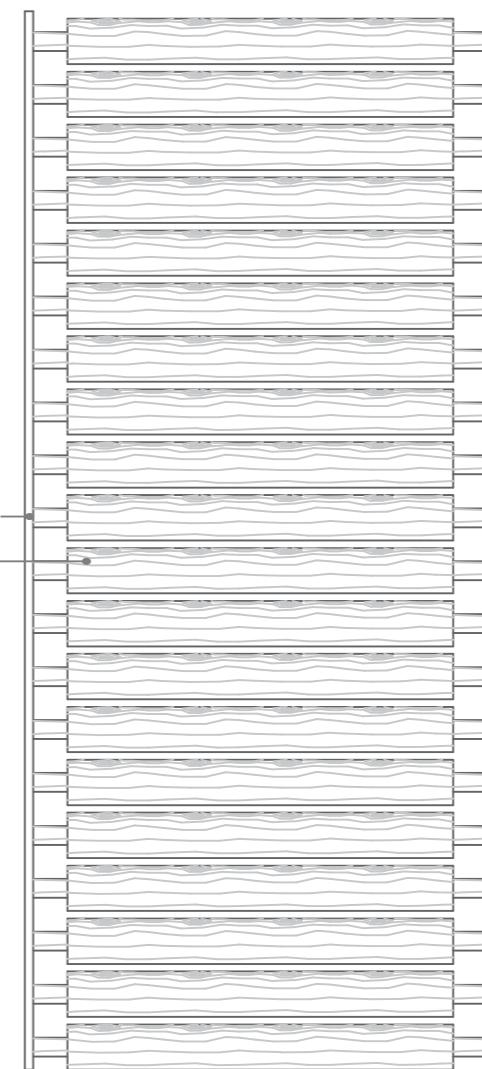
Fig. 098. Alçado do Miradouro e Corte do espaço de restauração.



**Fig. 099.** Corte tipo com identificação dos materiais do passadiço em madeira.

0 20 60cm

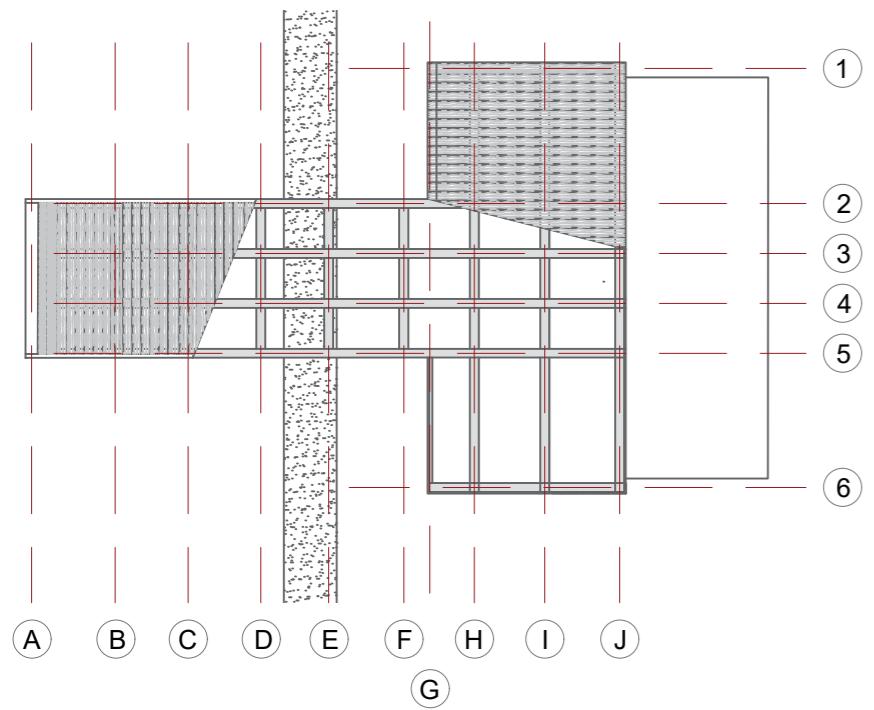
118



**Fig. 100.** Planta tipo com a identificação dos materiais do passadiço em madeira.

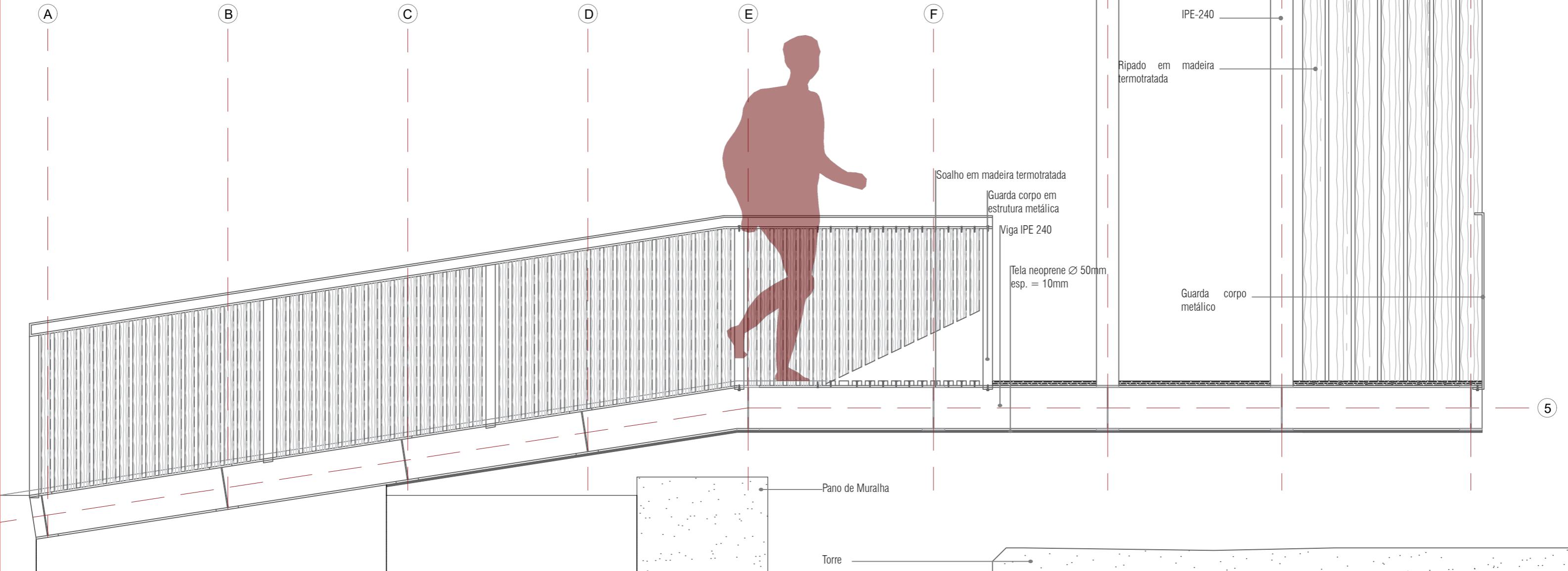
0 20 60cm

119



**Fig. 101.** Planta representativa da estrutura metálica do miradouro.

— 0 1 3m



**Fig. 102.** Pormenor construtivo do miradouro.

— 0 20 60cm

## **7.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO**

Entender, proteger e preservar as muralhas do castelo de Alcácer do Sal foi o principal objetivo desta proposta de intervenção.

A criação deste novo percurso que vem complementar o já existente, permite aos visitantes um melhor entendimento do lugar, enquanto protege as muralhas da incidência direta das águas da chuva e dos ventos predominantes, da interação direta entre as muralhas e os visitantes.

A estrutura nova para o percurso foi desenhada para permitir o acesso à muralha, não comprometendo possíveis operações de manutenção às suas paredes. A escolha de uma materialidade mais efémera, foi escolhida não só, devido ao enquadramento da paisagem, como também, teve em conta possíveis intervenções arqueológicas no local, que possam vir a ser realizadas.

As operações de manutenção e limpeza dos espaços, deverão ser contínuas e regulares, não devendo ser descuidadas.

A salvaguarda do património depende em muito do uso que se possa dar a este tipo de construções. A proposta aqui apresentada vem dinamizar o espaço e envolver todo o perímetro das muralhas, o que não acontece atualmente.

## **8**

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dar um uso aos bens imóveis que são património, é nos nossos dias essencial. É graças ao uso destas construções, que se conseguem manter de forma mais corrente e planeada, operações de manutenção e conservação. O planeamento destas intervenções de manutenção é fundamental, mas também carece de financiamento.

Foi descrito anteriormente que as muralhas sofreram pequenas obras de conservação, ao nível dos seus rebocos e alvenarias, principalmente nas vertentes orientadas a sul e poente. Estas zonas são justamente as que estão mais próximas da Pousada, que também foi intervencionada em 1995, e que se encontra intramuros. Desconhece-se se este foi o motivo de tais intervenções, mas ao percorrer o perímetro das muralhas, constatou-se que existem zonas muito mais degradadas nas vertentes orientadas a norte e nascente que não mostram quaisquer sinais de intervenção no último século.

Após visita ao local, definiram-se 5 zonas a analisar, conforme descrito no capítulo 5.1, e cujos resultados já foram apresentados.

A falta de manutenção e conservação, faz que ao longo dos anos se vão deteriorando as principais proteções destes muros, provocando a perda das suas primeiras proteções, como são os capeamentos e rebocos. Com a ausência destes, a água da chuva e o vento conseguem alcançar mais facilmente os paramentos e consequentemente acelerar o processo de degradação. O crescimento de vegetação esporádica também fica facilitado, criando expansões aquando do seu crescimento que desagregam parte do material aí existente.

Verificou-se que na vertente orientada a norte, grande parte da muralha não existe e a que resta está num elevado estado de degradação. Para além disso, esta zona da muralha é em taipa militar, cujo processo de degradação se acelerou ainda mais devido ao contacto direto com a água da chuva, comparativamente com as zonas onde existe alvenaria de pedra, já que a argila perde coesão quando em contacto com a água.

Embora os ventos predominantes nesta zona sejam de norte, noroeste e oeste, pela orografia do terreno e altura a que se encontram os torreões da fachada sul, os mesmos estão muito expostos à ação do vento e é visível alguma degradação (ausência de material) na face exterior dos mesmos.

Ao nível dos muros em alvenaria de pedra, verificou-se que as intervenções de conservação realizadas foram para consolidar pequenas partes de reboco ou paramento que tinham desagregado ou solto. Muitas destas degradações estão associadas à entrada de água a partir das zonas superiores da muralha (zona sul no intradorso e zona poente no extradorso). A ausência de capeamentos nas zonas superiores dos mesmos e reduzida pendente, favorece a entrada da água para o interior dos muros. Ao serem muros muito espessos, acabam por reter essa água durante muito tempo, e o processo de evaporação acaba por ser muito lento. Esta água por sua vez, à medida que atravessa estes muros, transporta consigo os sais que na alvenaria existem, e ao evaporar, ficam os cristais dos sais na face exterior dos muros, formando-se florescências e criptoflorescências. Estes sais e a forte presença de água acabam por permitir a perda de ligação entre as várias camadas de reboco e paramento, acabando por se soltar mais tarde. Noutras zonas, como é o caso da zona orientada a poente, o contacto da muralha com o solo pelo intradorso e a falta de drenagem das muralhas nessa zona, dificulta a saída da água, permanecendo os mesmos sob pressão e com muita humidade. Esta situação é bastante visível e nas zonas inferiores, os muros estão muito degradados. Seria necessário aliviar a pressão da água através da colocação de alguns drenos, por exemplo, já que intervir pelo intramuros não é possível. Ao nível das intervenções que tinham sido realizadas no século passado, e após a análise das amostras, foi possível verificar que de um modo geral, as argamassas de revestimento não diferem muito ao nível das suas características mineralógicas e de ligante. Tratam-se de argamassas de cal áerea com agregados predominantemente de quartzo e feldspatos potássicos. A identificação de alguns fragmentos de concha presentes nas amostras da Zona 1, e a de fragmentos cerâmicos e mármore nas amostras da Zona 3, são as únicas grandes diferenças a nível de composição mineralógica identificadas no grupo geral das amostras.

Estas construções militares eram projetadas para garantir que eram capazes de evitar que os inimigos aí conseguissem entrar, e que as conseguissem destruir através do impacto de balas de canhão e outros. Na arquitetura militar, as argamassas de revestimento desempenhavam um papel crucial, na melhoria da resistência das superfícies exteriores.

Para fortalecer a taipa, era incorporada a cal áerea no seu fabrico, chamando-se esta, taipa militar. Ao longo do trabalho foram analisadas amostras, em zonas não intervencionadas, com grãos de cal, o que corrobora o uso de taipa militar nestas muralhas.

A zona mais exposta a ataques do inimigo é a orientada a sul, e aqui foi utilizada principalmente a alvenaria de pedra argamassada com cal áerea. Aspeto também verificado nos ensaios realizados.

Claramente este tipo de estruturas eram muito bem pensadas, quer na sua forma arquitetónica, quer na eficiência dos materiais nela utilizados e respetivas localizações. Por isso mesmo, chegou aos nossos dias.

Para dar continuidade à vida útil desta construção, cujo uso já não se enquadra nos nossos dias, foi apresentada uma proposta que engloba todas as muralhas, funcionando como elemento agregador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriano, P., Santos Silva, A., Veiga, R., Mirão, J., & Candeias, A. E. (2008). Microscopic characterisation of old mortars from the Santa Maria Church in Évora. *Materials Characterization*, 60(7), 610-620.

Agostinho, C.S.A. (2008) Estudo da Evolução do Desempenho no Tempo de Argamassas de Cal Aérea. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, IST.

Aguiar, J. (2002). Cor e cidade histórica: estudos cromáticos e conservação do património. Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.

Alberto, H. (2014). "Argamassa de cal com incorporação de resíduos de cerâmica branca: Estudo do seu comportamento". Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Almeida, F. de & Veiga Ferreira, O. (1967). Fechos e placas de cinturão encontrados em Portugal. Arqueólogo Português, série III, vol. I, Lisboa.

Antunes, M. T. (1983). Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 e Notícia Explicativa da folha 39-C Alcácer do Sal. Serviços Geológicos de Portugal.

Antunes, M. T., & Gonçalves, F. (1992). Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 e Notícia Explicativa da folha 39-D Torrão. Serviços Geológicos de Portugal.

Alarcão, P. (2019). Construir na Ruína: entre a reconstituição e a reabilitação. Edições Afrontamento.  
Almeida, J. (1948). Roteiro dos Monumentos Militares Portugueses.

Appleton, J. (1997). Tecnologias de reabilitação em edifícios antigos, dos conventos às pousadas. Jornal dos Arquitetos. Lisboa, n.º 147, Maio 1997, (pp.44-54).

Baptista, António Alçada (1992), ESTUDANTE, Maria Deolinda, MÂNTUA, Sofia, FRANCO, Anísio (textos) – Pousadas de Portugal. Lisboa: Casa & Decoração, ENATUR.

Batista, J. C. (1896). Necrópole romana 100m a norte da necrópole do Senhor dos Mártires. Archeólogo Português, vol. II, Lisboa.

Barranha, H. (2016). Património Cultural: conceitos e critérios fundamentais. IST Press e ICOMOS-Portugal.

Bakolas, A. Biscontin, A.E. Zendri, Characterization of structural byzantine mortars by thermogravimetric analysis, Thermochim. Acta 321 (1998) 151–160.

Botelho, Patrícia Cláudia. 2003. Argamassas tradicionais em suportes de alvenaria antiga: comportamento em termos de aderência e durabilidade. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Lisboa, IST/UTL : s.n., 2003.

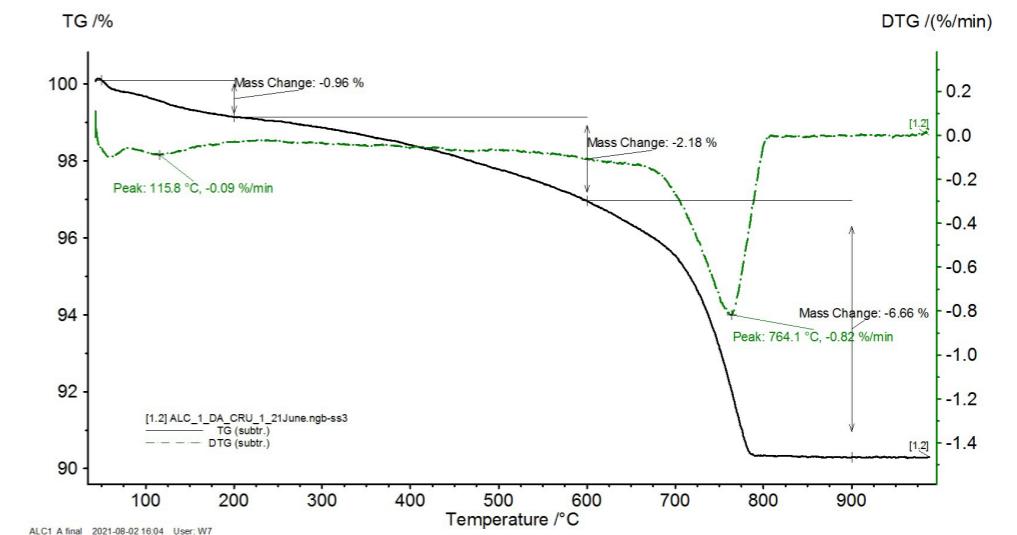
- Bardou, P & Arzoumanian, V. (1981). *Arquitecturas de adobe*. Barcelona: Gustavo Gili p.19.
- Branco, F. (2010). "Ligantes – Materiais de Construção". Apontamentos da disciplina de Materiais de Construção do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Brandi, C. (2006). Teoria do Restauro. ORION.
- Bruno, P. (2000). A Fortaleza de Juromenha – Contributo para o estudo e a conservação da muralha islâmica de taipa militar. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora.
- Bruno, P. (2006). O uso da terra na construção de uma cabana do Bronze Final. Estudo dos materiais provenientes do sítio proto-histórico Rocha do Vigio 2 (Campinho, Reguengos de Monsaraz). Terra: forma de construir. Arquitectura-Antropologia-Arqueologia. Lisboa: Argumentum, p. 67-73
- Bruno, P.; Faria, P.; Candeias, A.; Mirão, J. (2010) - Earth mortars from pre-historic habitat settlements in south Portugal. Case studies. *J. Iberian Archaeology* 13 (2010), 51-67.
- Cabral, C. (2011). Património Cultural Imaterial: Convenção da Unesco e seus Contextos. Edições 70. Caldas, João Vieira (comissário); ALÇADA, Margarida, GRILLO, Maria Inácia Teles (coord.) – Caminhos do Património 1929-1999. Lisboa, DGEMN, 1999.
- Câmara Municipal de Alcácer do Sal. (2021). Município – Concelho - História. <http://www.cm-alcacerdosal.pt/en/municipio/concelho/historia/>.
- Câmara Municipal de Alcácer do Sal. (2022). Município - Concelho – Geografia. <https://www.cm-alcacerdosal.pt/municipio/concelho/geografia/>.
- Câmara Municipal de Alcácer do Sal. (2020). Plano Municipal de Defesa Da Floresta Contra Incêndios – Caderno I – Diagnóstico (Informação de Base). Câmara Municipal de Alcácer do Sal.
- Cancela d'Abreu, A., Correia, T., & Oliveira, R. (2004). Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental. Direção Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
- Cardoso, J. L., & Paixão, A. C. (2014). A necrópole do Olival do Senhor dos Mártires (Alcácer do Sal). Novos elementos para o seu estudo. *Estudos Arqueológicos de Oeiras*.
- Castelo de Óbidos, Boletim da DGEMN n.º 68-69. Lisboa, DGEMN, Junho-Setembro 1952.
- Cavaco, Luís – Técnicas de aplicação de argamassas de revestimento em edifícios antigos. Influência no desempenho. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção pelo Instituto Superior Técnico (IST). Lisboa: IST, 2005.
- CEN (2010) – EN 998-1:2010 – Specification for mortar for masonry – Parte 1: Rendering and plastering mortar. Brussels.
- Chagas, J. (1995). O Castelo de Alcácer do Sal e a utilização da taipa militar durante o domínio almóada [Dissertação de Mestrado]. Universidade de Évora, Recuperação do Património Arquitetónico e Paisagístico.
- Choay, F. (2008) – A Alegoria do Património. Lisboa: Edições 70, 2008 DOCOMOMO Ibérico – Arquitectura Moderna e Turismo: 1925-1965, Fundação DOCOMOMO Ibérico - IV Congresso, Valência Novembro 2003.
- Choay, F. (2011). As questões do Património. Antologia para um combate. Edições 70.
- Conferência Internacional sobre Conservação. (2000). Carta de Cracóvia sobre os Princípios para a Conservação e o Restauro do Património Construído. <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/cartadecracovia2000.pdf>.
- Conselho da Europa. (2005). Convenção de Faro. <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/ConvencaodeFaro.pdf>.
- Conselho Internacional dos Monumentos e Sítios. (1964). Carta de Veneza. <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CartadeVeneza.pdf>.
- Cotrim, M., Faria, P., Silva, S. A. (2018). Conservação das Muralhas de taipa militar do Castelo de Paderne - Uma história de intervenções. Construção2018, Livro de Atas, Casos de Estudo.
- Correia, M. (2007). Taipa no Alentejo. Argumentum.
- Correia, Vergílio (1972 [1928]) – Escavações realizadas na Necrópole Pré-Romana de Alcácer do Sal em 1926 e 1927. In: Obras. Volume IV, Estudos Arqueológicos. Coimbra: Universidade de Coimbra. p. 169-179.
- Correia Vergílio (1972 [1925a]) – Uma conferência sobre a Necrópole de Alcácer do Sal. In: Obras. Volume IV, Estudos Arqueológicos. Coimbra: Universidade de Coimbra. p. 151-168.
- Correia, Vergílio (1972 [1925c]) – Um amuleto egípcio da Necrópole de Alcácer do Sal. In: Obras. Volume IV, Estudos Arqueológicos. Coimbra: Universidade de Coimbra. p. 195-201.
- Custódio, J. (2010). 100 Anos de Património: Memória e Identidade. Portugal 1910-2010. Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico.
- Decreto n.º 6. (2002). [Plano de Bacia Hidrográfica do Sado]. Diário Da República n.º 36, Série I-B de 12 de Fevereiro, 1090-1138. <https://files.dre.pt/1s/2002/02/036b00/10901138.pdf>.

- Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais. (1952). Castelo de Óbidos. Boletim da Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 68-69.
- Direção Geral do Território. (2022). Sistema Nacional de Informação Geográfica. <https://snig.dgterritorio.gov.pt/>.
- Duarte, T. (2011). "Comportamento mecânico de argamassas de cal com resíduos cerâmicos". Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- DUC, Eugene Viollet-Le (2010), On Restoration, s.l., BiblioBazaar, LLC, p. 29.
- Edrisi, F. (séc. XII) Transcrito de Portugal na Espanha Árabe, org. por A. Borges Coelho, vol. I – Geografia e Cultura, 2.<sup>a</sup> ed., Lisboa, Editorial Caminho, 1989, p.67.
- Encarnação, J. & Faria, J. (2002). O santuário romano e a defixio de Alcácer do Sal, Catálogo da exposição "Religiões da Lusitanía", Lisboa p.259-263.
- Elert, K.; Rodriguez-Navarro, C.; Pardo, E. S.; Hansen, E.; Cazalla, O. (2002). Lime Mortars for the Conservation of Historic buildings. *Studies in Conservation* 47(2002) (pp.62–75).
- Eugénio, M. (2022). Caracterização e contributo para a conservação da Taipa Militar no Alentejo. (Dissertação de Mestrado). Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Tecnologia do Barreiro.
- Faria, J. (2002). Alcácer do Sal ao Tempo dos Romanos. Edições Colibri.
- Falcão, J., & Ferreira, J. (1945). O castelo de Alcácer do Sal em 1758. *Castrum*, n<sup>o</sup>1 1984.
- Faria, P. & Lima, J. (2015-2016). Rebocos de Terra. Argumentum.
- Faria Rodrigues, M. (2004). Argamassas de Revestimento para Alvenarias Antigas: Contribuição para o estudo da influência dos ligantes. Tese de Doutoramento. Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2004.
- Fernandes, J. M. (1999). Pousadas de Portugal: obras de raiz e em monumentos”, Caminhos do Património 1929-1999. Lisboa, DGEMN. (pp.159-177).
- FÖLDVÁRI, Mária. 2011. “Handbook of the Thermogravimetric System of Minerals and Its Use in Geological Practice.” Vol. 213, Central European Geology. Budapest: Geological Institute of Hungary.
- Genestar, C. Pons, A. Más, Analytical characterisation of ancient mortars from the archaeological Roman city of Pollentia (Balearic Islands, Spain), *Anal. Chim. Acta* 557 (2006) 373–379.
- Goita F. C. (1982). Breve História do Urbanismo. Coleção Dimensões. Lisboa, Editorial Presença.
- Gonçalves, T.; DELGADO RODRIGUES, J. D.; SANDERS, M.; VANHEES, R.; LUXÁN, M. P – Rebocos para edifícios históricos sujeitos à acção de sais solúveis. Apresentação do Projecto COMPASS e principais conclusões das entrevistas. Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, Maio de 2003.
- Guillaud, H. (1993). Construir em terra crua. Técnicas antigas e modernas. In Arquitecturas de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar - Europa – Terceiro Mundo – Estados Unidos (pp. 33-41). Fundação Caloustre Gulbenkian, Centro de Arte Moderna, José de Azeredo Perdigão.
- Guillaud H. & Houben H. (1989). *Traité de Construction en Terre*. Marseille: Editions Parenthèses, 1989.
- Hartshorn, H. (2012). Dolomitic Lime Mortars: carbonation complications and susceptibility to acidic sulfates. Tese de Mestrado em Preservação da História, Universidade de Columbia, Estados Unidos. (pp.193).
- Heidegger, Martin, Building Dwelling Thinking. Trad. Albert Hofstadter, 1971.
- Herculano, A. (1873), Monumentos Pátrios, in Opúsculos – Obras Públicas, s.l., Tomo II, (pp. 6)
- Hugo, H. (1993). Mobilizar a terra para enfrentar o desafio da habitação no terceiro mundo. In Arquitecturas de Terra ou o Futuro de uma Tradição Milenar - Europa – Terceiro Mundo – Estados Unidos (pp. 28-32).
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2022) – Conservação da Natureza – Reservas Naturais – RN Estuário do Sado. <https://www.icnf.pt/conservacao/reservasnaturais/rnestuariodosado>.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2021). Normais Climatológicas 1971/200 da Estação Climatológica de Alcácer do Sal.
- Jorge, F. (2005). “Terra em Seminário - IV Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra e III Seminário Arquitectura de Terra em Portugal”, 1.<sup>a</sup> ed. Lisboa, Argumentum, ISBN 972-8479-37-9.
- Jorge, F.; FERNANDES, M.; CORREIA, M. (2005). “Arquitectura de Terra em Portugal”, 1.<sup>a</sup> ed. Lisboa, Argumentum, ISBN 972-8479-36-0.
- Koolhaas, Rem. (1995). S,M,L,XL, The Berlin Wall as Architecture, Monacelli Press.
- Lanas, J., Pérez Bernal, J. L., Bello, M. A., e Alvarez Galindo, J. I. (2004). Mechanical properties of natural hydraulic lime-based mortars. *Cement and Concrete Research*, 34(12), pp. 2191-2201.
- Lei n.<sup>o</sup> 107. (2001). [Estabelece as bases da política e do regime de protecção e valorização do património cultural]. Diário Da República n.<sup>o</sup> 209, Série I-A de 8 de Setembro, 5808-5829. <https://dre.pt/application/conteudo/629790>.
- Leitão, M. (2015). A Presença Islâmica em al-Qasr: Uma análise sobre o urbanismo e o sistema defensivo. (Dissertação de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas.

- Leitão , M.(2016) – “A Porta Muçulmana da Alcáçova de Alcácer do Sal”. Al-Madan Online. 20. Tomo 2 (Janeiro): 80-85.
- Leitão, Marta Isabel Caetano (2020) – “A Comunidade Muçulmana de Alcácer do Sal durante a Idade Média”. Al-Madan Online. Almada: Centro de Arqueologia de Almada. 23 (1): 150-156.
- Lobo, S. (2006). Pousadas de Portugal. Reflexo da Arquitectura Portuguesa do séc. XX. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Lopes, F. (2012). Património Arquitectónico e Arqueológico. Noção e normas de proteção. Caleidoscópio.
- Lopes, F., & Correia, M. (2014). Património Cultural: Critérios e Normas Internacionais de Protecção. Caleidoscópio.
- Loos, Adolf. (1982). “The theory of cladding”. In: Spoken into the void: Collected essays 1897-1900. New York, The MIT Press.
- Malinowski, R. R. (1982). Ancient mortars and concrets: Aspects of their durability, in Histoire of Technology, 7th Annual Volume, Mansell U.K. (pp.89-101).
- Mattoso, J. (1993) – História de PortugaL. Lisboa: Editorial Estampa, II, pp.11-124.
- Margalha, M. G. (2011). Argamassas. Documento de apoio às aulas de Conservação e Recuperação do Património. Universidade de Évora.
- Mayet, F.; Tavares da Silva, C. (1993) - A presença fenícia no Baixo Sado. Estudos Orientais. Lisboa. 4, p. 127-142.
- Mendes, A. (2012). O que é Património Cultural. Gente Singular.
- Mendonça, I. (1992). Castelo de Alcácer do Sal / Castelo e Cerca Urbana de Alcácer do Sal: Portugal, Setúbal, Alcácer do Sal, União das Freguesias de Alcácer do Sal (Santa Maria do Castelo e Santiago) e Santa Susana [Atualizado por Luísa Cortesão, 1997/1998]. Sistema de Informação Para o Património Arquitetónico. [http://www.monumentos.gov.pt/site/app\\_pagesuser/SIPA.aspx?id=3440](http://www.monumentos.gov.pt/site/app_pagesuser/SIPA.aspx?id=3440).
- Mileto, C. & Vegas, F. (2014) La restauración de la tapia en la Península Ibérica – critérios, técnicas, resultados y perspectivas. Argumentum.
- Moorehead, D. R. (1986). Cementation by the carbonation of hydrated lime. Cement Concrete Research, 16, pp. 700-708.
- Nemésio, V. (1974). Sítios e Pousadas. Lisboa: Ministério da Comunicação Social.
- Noé, P. (2012) - Núcleo Fenício de Abul / Núcleos do Sítio Arqueológico de Abul: Portugal, Setúbal, Alcácer do Sal, União das freguesias de Alcácer do Sal (Santa Maria do Castelo e Santiago) e Santa Susana. [http://www.monumentos.gov.pt/Site/APP\\_PagesUser/SIPA.aspx?id=33951](http://www.monumentos.gov.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=33951)
- Organização das Nações Unidas para a Educação, C. e C. (1972). Convenção para a Protecção do Património Mundial, Cultural e Natural. <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/ConvencaoparaaProteccao do Patrimonio Mundial Cultural e Natural.pdf>.
- Organização das Nações Unidas para a Educação, C. e C. (2003). Convenção para a Salvaguarda do Património Cultura Imaterial. <https://patrimonioculturalmaterial.org/multimedia/ficheiros/Documentos/UNESCO2003.pdf>.
- Paixão, A. & Carvalho, A. & Faria, J. (2001). Contributo para o estudo da ocupação muçulmana no Castelo de Alcácer do Sal: O Convento de Aracoelli. Arqueologia Medieval, 7, 197-209.
- Paixão, A. & Carvalho, A. & Faria, J. (1994). O castelo de Alcácer do Sal. Um projecto de arqueologia urbana. Actas do Encontro de Arqueologia Urbana, 46, 215-264.
- PAIXÃO, A. (1971) - O recente achado de três escaravelhos na Necrópole do Senhor dos Mártires em Alcácer do Sal, in Actas do II Congresso Nacional de Arqueologia vol.I. Coimbra: Junta Nacional de Educação, 1971, pág. 309-314
- Pereira, C. (2018). A Técnica da Taipa em Portugal: da transmissão do saber-fazer ao ensino formal. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de Lisboa.
- Pereira, M. (1998). Alcácer do Sal na Idade Média. (Dissertação de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa.
- Pereira, M. (2007). Alcácer do Sal na Idade Média. Edições Colibri.
- Pereira, M. (2016). Do Castelo à Ribeira: a urbanização de Alcácer (de finais do século XIII ao início de Quinhentos). In L. Oliveira (Ed.), Comendas Urbanas das Ordens Militares (pp. 121-192). Edições Colibri.
- Pereira, P. (1997). Acerca das Intervenções no Património Edificado. Alguma História”, in Intervenções no Património 1995-200. Nova Política. Lisboa, IPPAR/Ministério da Cultura. (pp. 14-23).
- Pereira, P. (1997). (Re)trabalhar o Passado. Intervenção no Património Edificado. In Portugal Arquitectura do Século XX. Lisboa: Portugal-Frankfurt 97. (pp. 99-110).
- Pimentel, D. L. (1997). Pousada do Castelo de Alcácer do Sal”, Jornal Arquitectos, n.º 147, Maio 1997, (pp. 22- 25).
- Rato, Vasco Nunes da Ponte Moreira. (2006). Influência da Microestrutura Morfológica no Comportamento de Argamassas. Lisboa : Universidade Nova de Lisboa, FCT, 2006. Tese de Doutoramento.
- Ribeiro, O. (1993). Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico: esboço das relações geográficas. Edições João Sá da Costa.

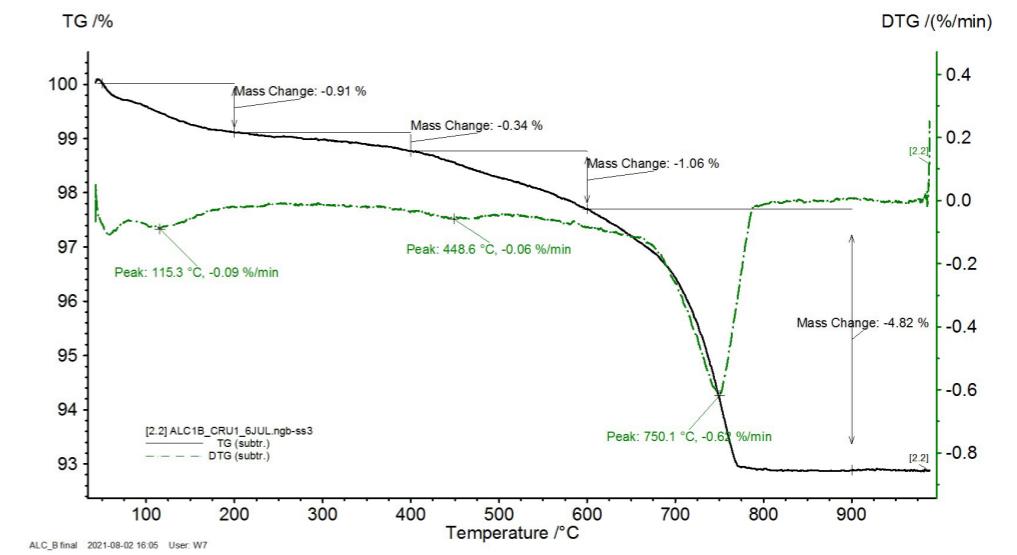
- Ribeiro, O. (1967). Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico. Lisboa. p.152.
- Riccardi M. P., Duminuco P., Tomasi C., Ferloni P. Thermal (1998) Microscopy and X – Ray Studies on Some Ancient Mortars. *Thermochim Acta*, vol 321, pp 207 – 214.
- Rocha Pereira, M. (1962) - Greek Vases in Portugal. Obras - Arte Antiga. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian - Imprensa da Universidade de Coimbra, 2016, pág. 139 – 148
- Rudofsky, Bernard. (1964). Architecture without architects: A short introduction to non-pedigreed architecture. Museum of Modern Art.
- Salema, Sofia. 2008. "Architecture Surfaces Conservation: (Re) Discovering Sgraffito in Portugal." 1st Historical Mortars Conference.
- Semper Gottfried. (1851) The four elements of architecture : A contribution to the comparative studies of architecture.
- Silva, C. T. et al. (1980). Descobertas arqueológicas no Sul de Portugal, Castelo de Alcácer do Sal. Centro de História das Universidades de Lisboa - Museu de Arqueologia e Etnografia da Assembleia Distrital de Setúbal, Setúbal.
- Silva, C. T.; SOARES, A. C. (1987) - Escavações Arqueológicas no Creio (Arrábida). Campanha de 1987. Setúbal Arqueológica. Setúbal. 8, (pp. 221-237).
- Stuart, Barbara H. 2007. "Analytical Techniques in Materials Conservation." John Wiley & Sons, England. ISBN: 0-470-01280-3
- Tavares, Gonçalo M. (2013). Aprender a rezar na era da técnica, 7<sup>a</sup>ed, Editorial Caminho, Alfragide, 2013.
- Teixeira, C. & Gonçalves F. (1980) - Introdução à Geologia de Portugal. Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa.
- Tomé, M. (2010), Arquitectura: conservação e restauro no Estado Novo. In J. Custódio (Ed.), 100 Anos de Património: Memória e Identidade: Portugal 1910-2010 (pp. 167-174). Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico, Lisboa, IGESPAR.
- Torres, C. (1992) – A Taipa: experiência em curso no Campo Arqueológico de Mértola, Arquiteturas de Terra – Actas do Seminário. Conímbriga: Museu Monográfico de Conímbriga, pp.95-98.
- Tostões, A. (1997). Os Verde Anos na Arquitectura Portuguesa dos Anos 50. Porto: FAUP Publicações.
- Tostões, A.; WANG, W.; BECKER, A. (ed.) (1997) – Portugal Arquitectura do Século XX. Lisboa: Portugal-Frankfurt 97.
- Varella Evangelia. 2013. "Conservation Science for the Cultural Heritage - Applications of Instrumental Analysis." Vol. 79., Springer. DOI 10.1007/978-3-642-30985-4.
- Veiga, M. Rosário (2003). Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes. Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, Maio de 2003.
- Veiga, M.R.; FARIA,P. Revestimentos de ligantes minerais e mistos com base em cimento, cal e resina sintética. In: LABORATÓRIO NACIONAL DE ENG. CIVIL. Curso de especialização sobre revestimento de paredes. Lisboa: LNEC, 1990. Cap. 2, p.40-173.
- Veiga, M.R.; FRAGATA, A.; VELOSA, A.L.; MAGALHÃES, A.C.; MARGALHA, G. (2010) - Lime-based mortars: viability for use as substitution renders in historical buildings. International Journal of Architectural Heritage, 4. (pp. 177-195).
- Vellozo, D. S. (1743). Arquitetura militar ou fortificação moderna [online]. Transcrição e comentários por Mário Mendonça de Oliveira. Salvador: EDUFBA, 2005.
- Vitrúvio P. (2006). Tratado de Arquitectura, tradução do latim por M. Justino Maciel, I.S.T., Lisboa.

## TERMOGRAMAS

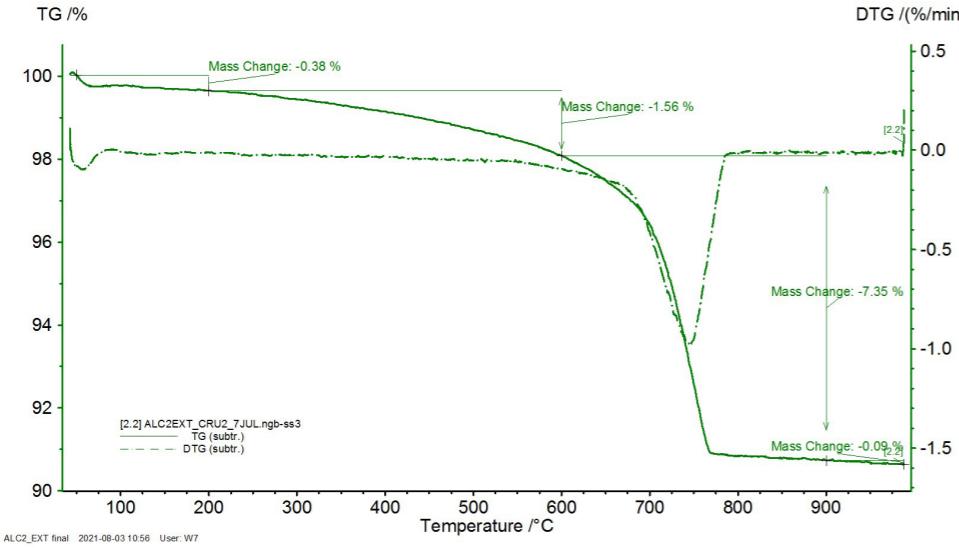


ALC1A

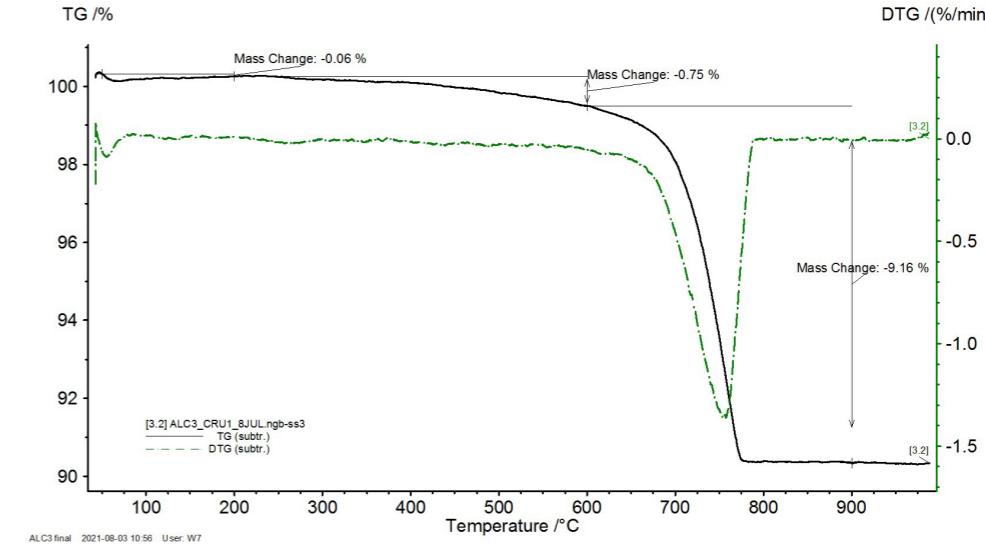
## ANEXOS



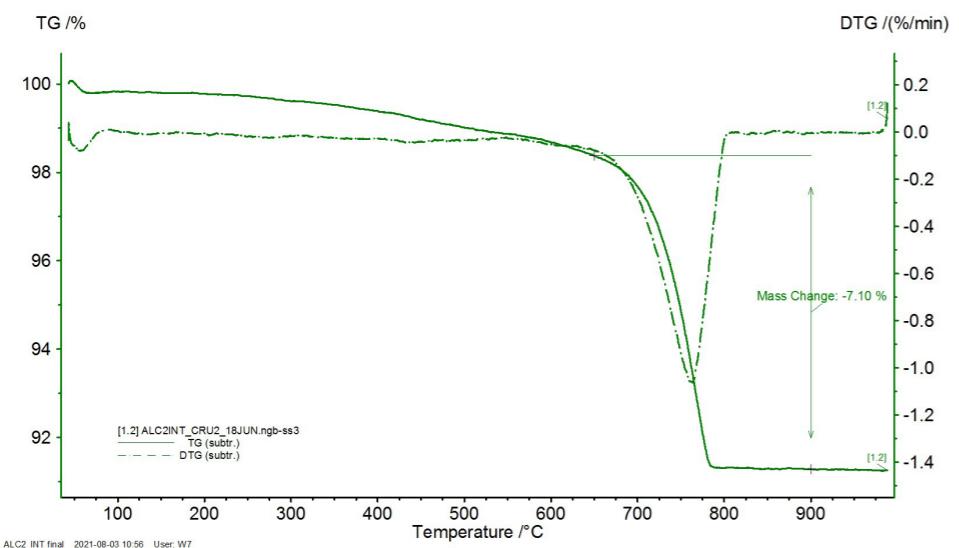
ALC1B



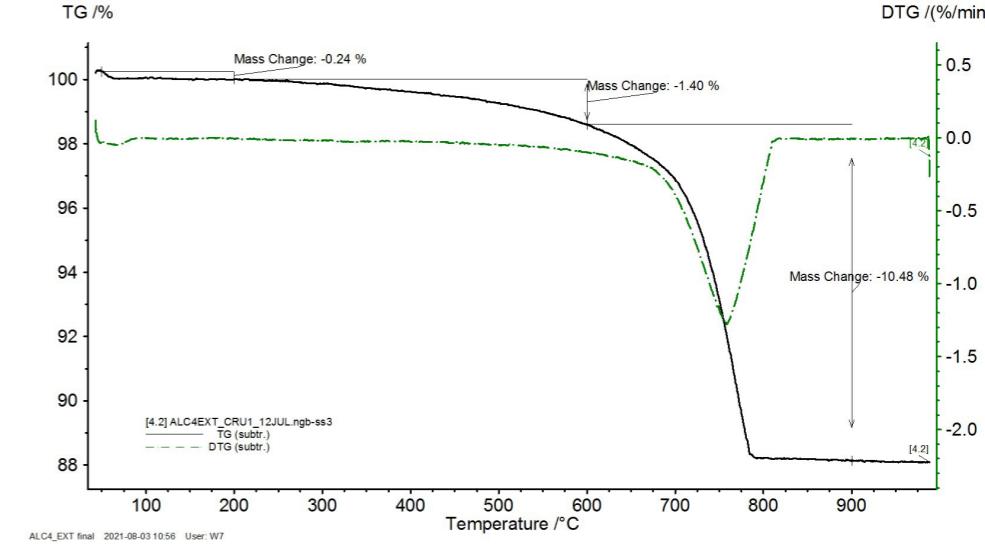
ALC2E



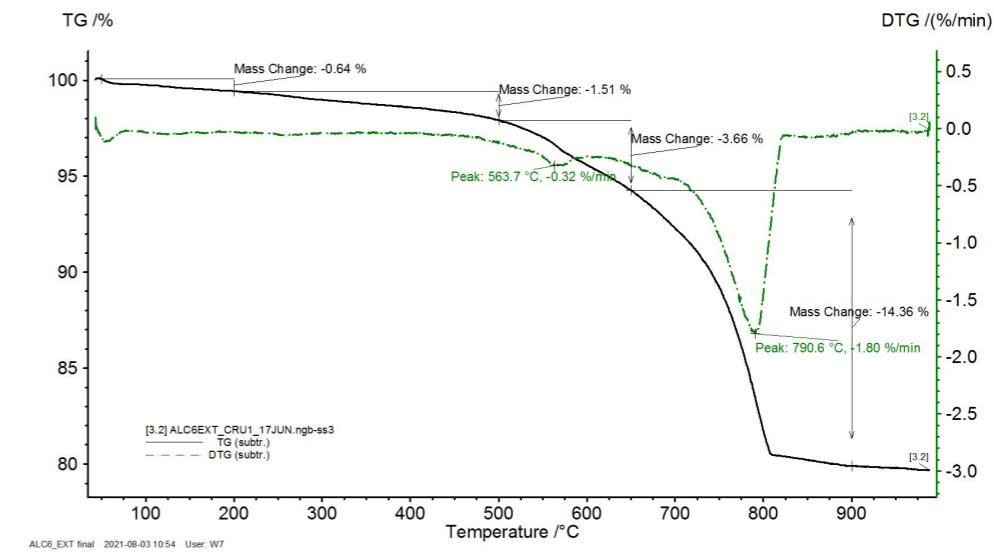
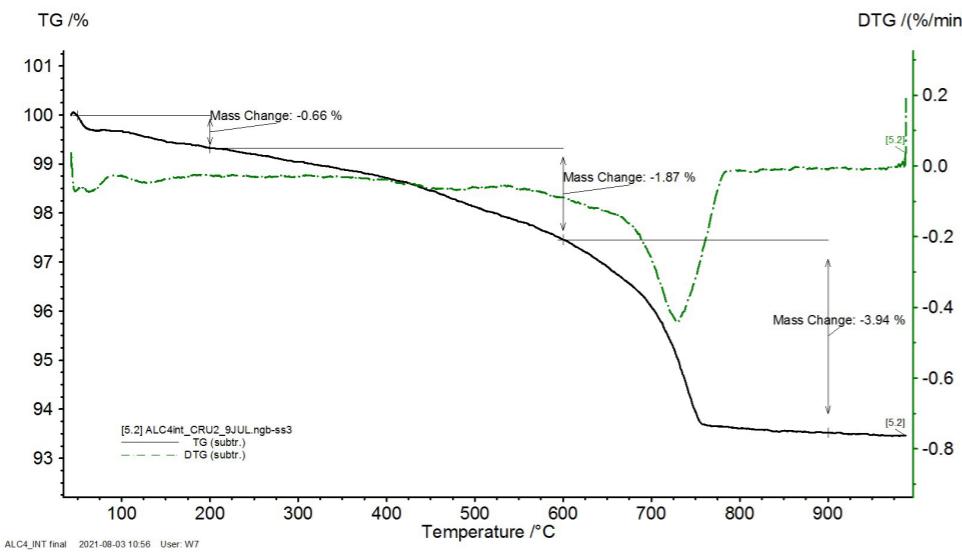
ALC3



ALC2I

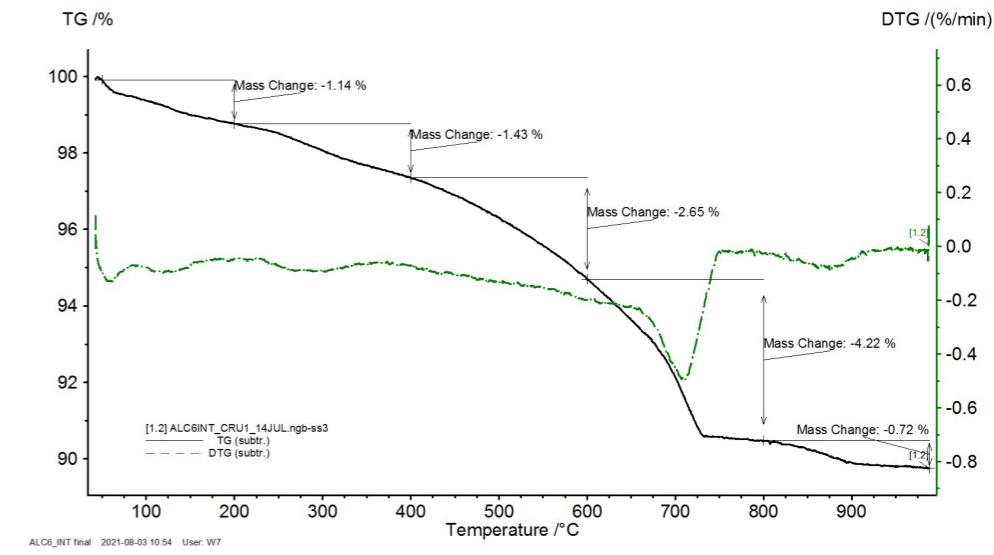
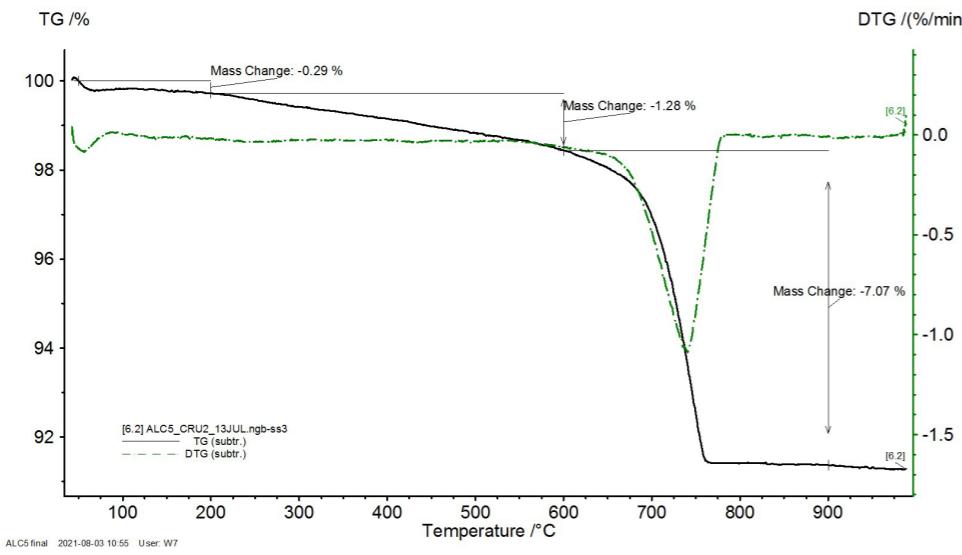


ALC4E



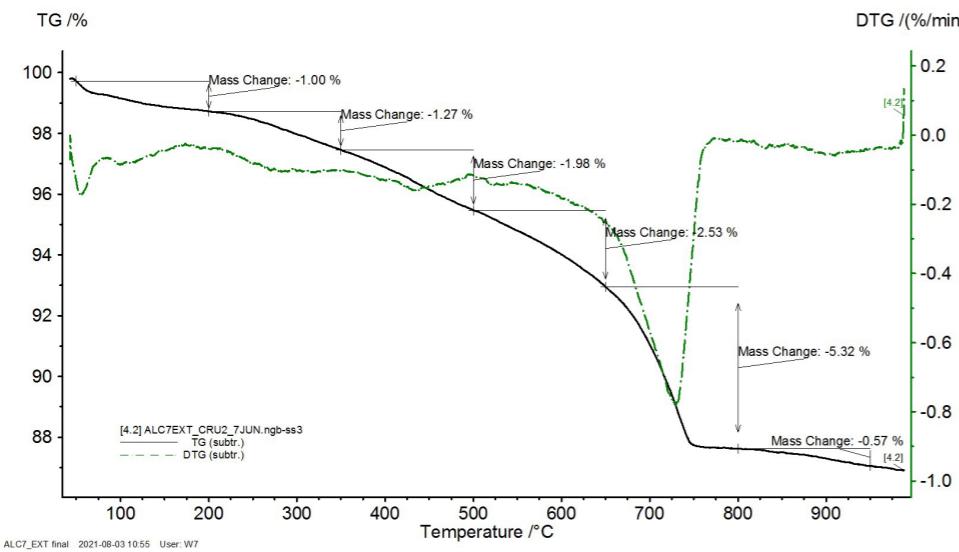
ALC4I

ALC6E

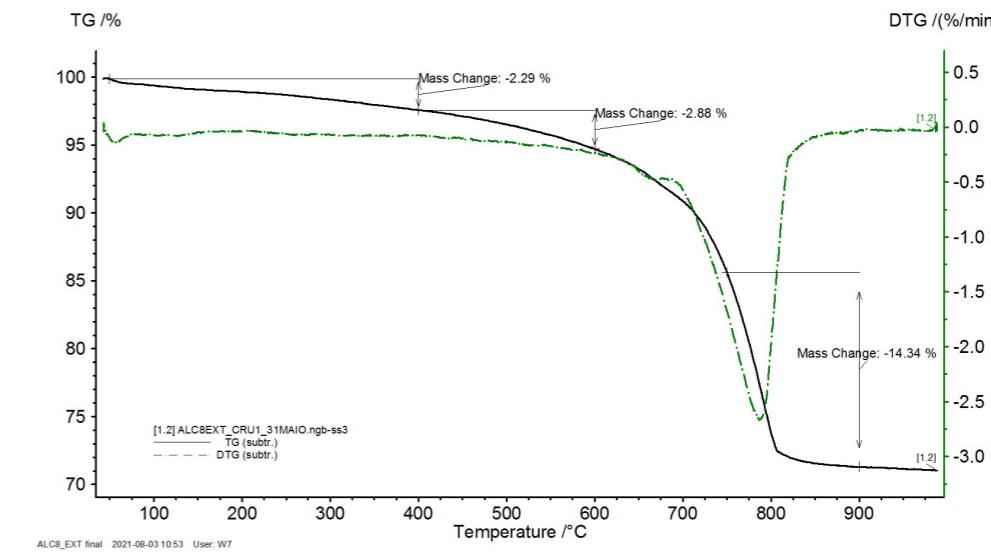


ALC5

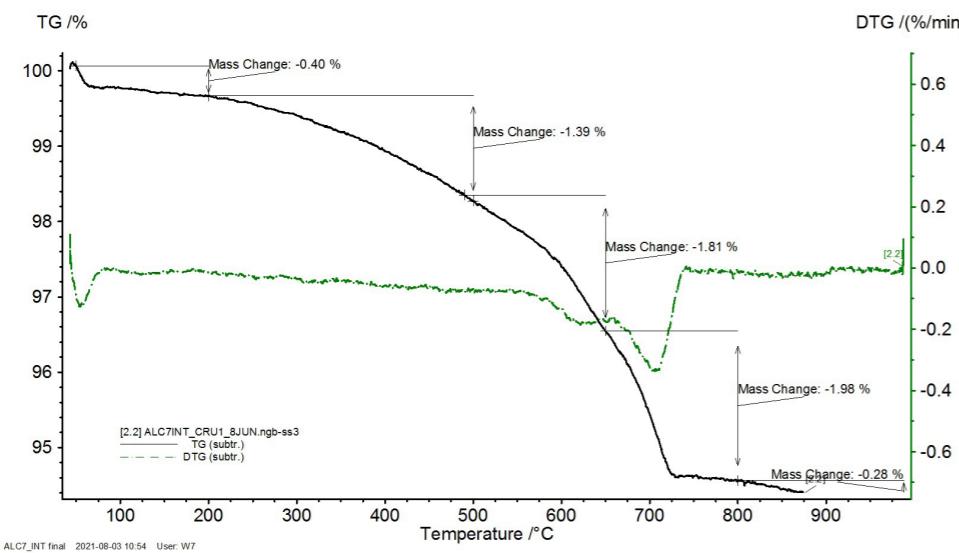
ALC6I



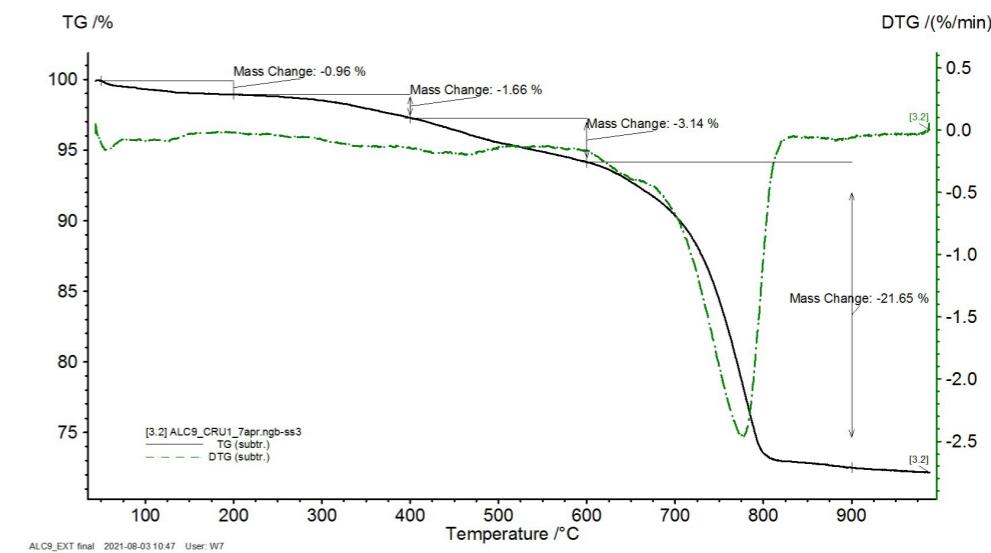
ALC7E



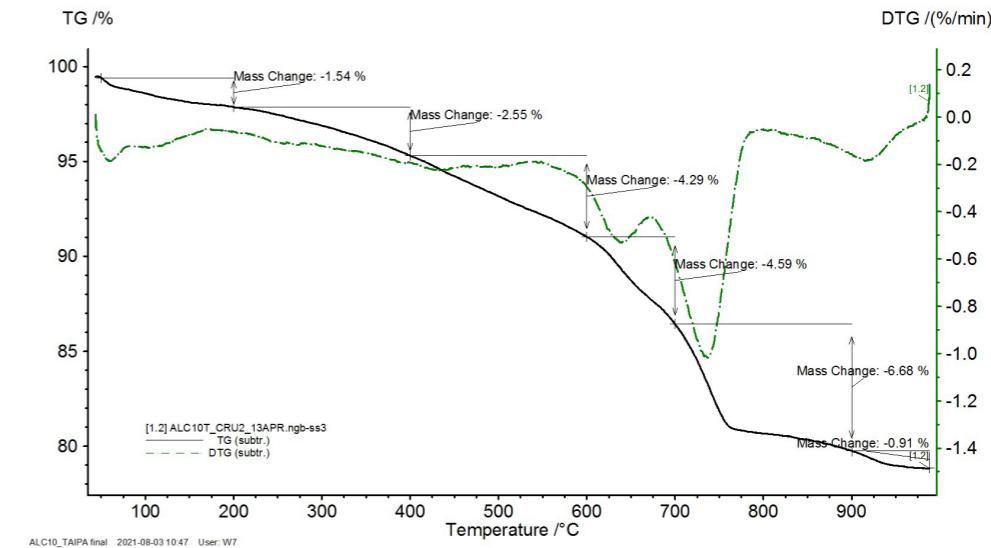
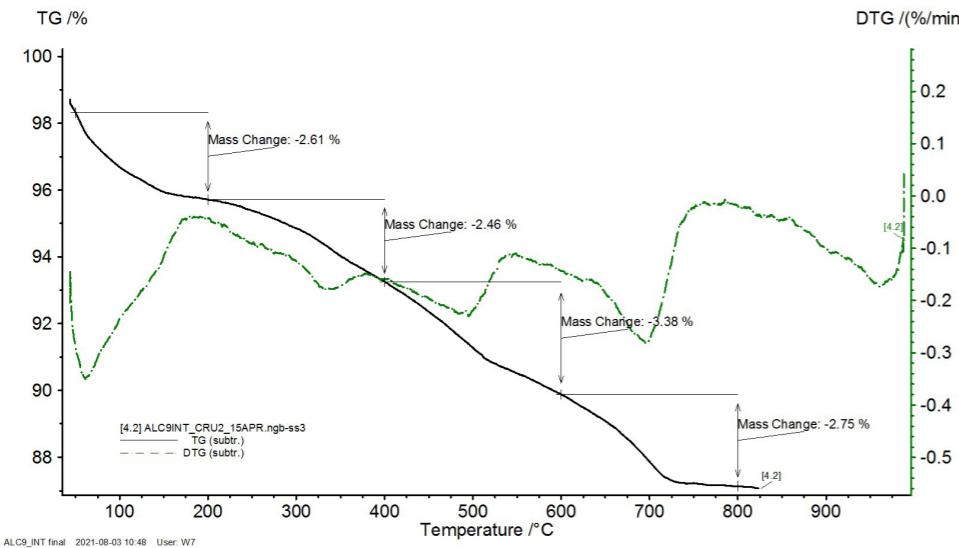
ALC8E



ALC7I

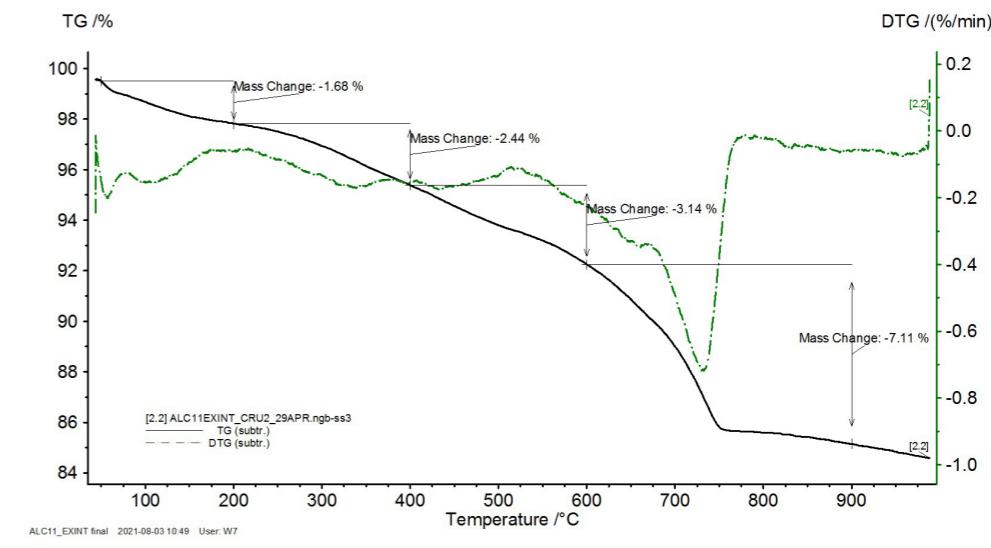
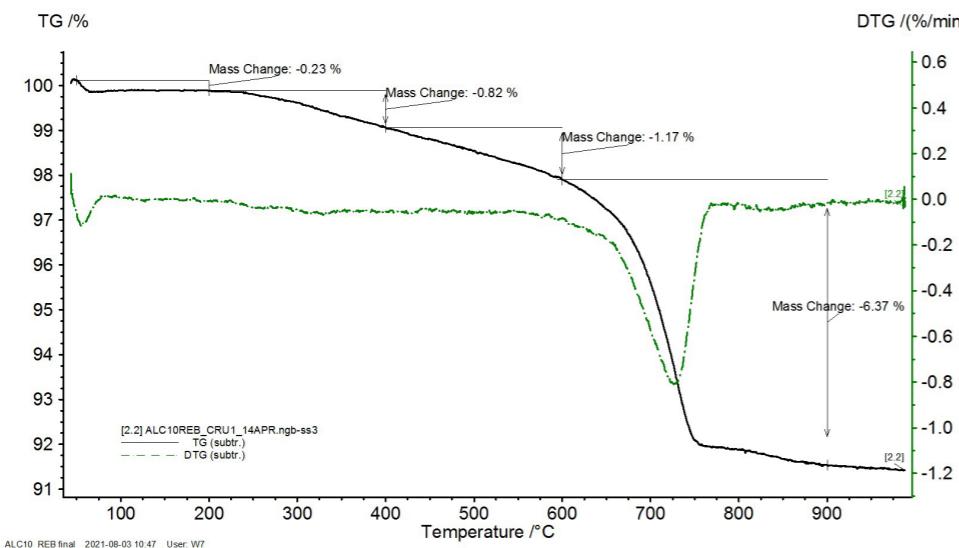


ALC9E



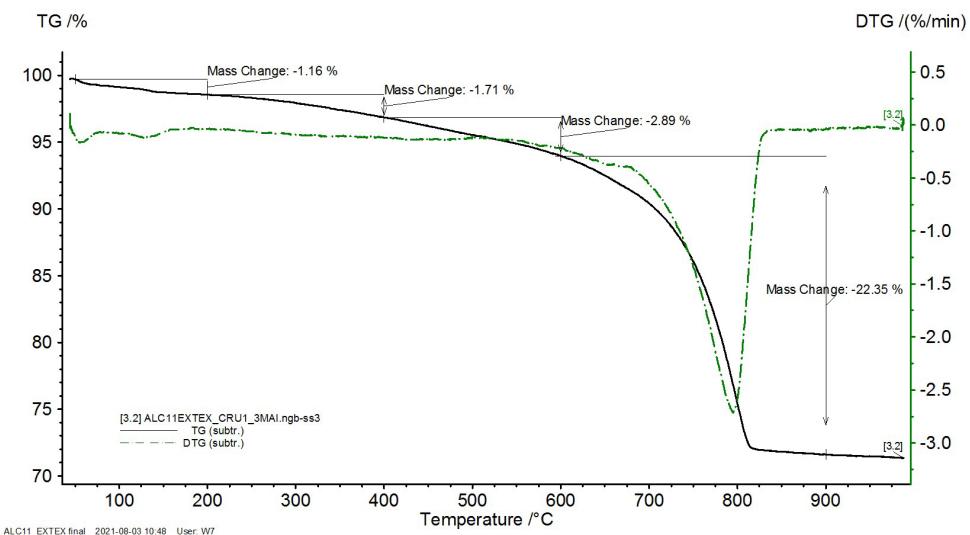
ALC9I

ALC10T

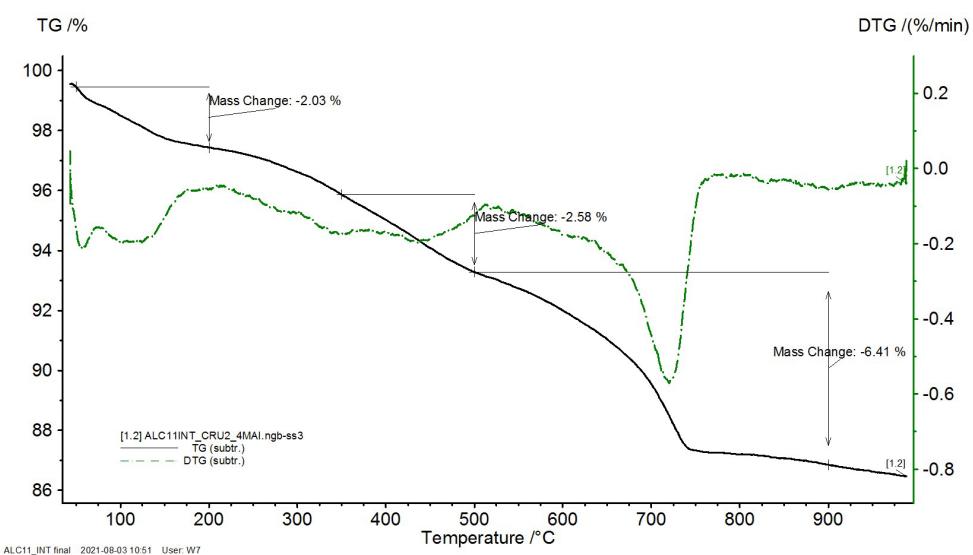


ALC10R

ALC11Ei



ALC11Ee



ALC11I