

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NICOLI JACON

**CARACTERIZAÇÃO DE BLOCOS DE TERRA COMPACTADA E ARGAMASSAS
DE REVESTIMENTO DE EDIFÍCIOS TRADICIONAIS DA REGIÃO NORTE DE
PORTUGAL**

BRAGANÇA

2022

NICOLI JACON

**CARACTERIZAÇÃO DE BLOCOS DE TERRA COMPACTADA E ARGAMASSAS
DE REVESTIMENTO DE EDIFÍCIOS TRADICIONAIS DA REGIÃO NORTE DE
PORTUGAL**

Relatório Final de Projeto apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia da Construção do Instituto Politécnico de Bragança (IPB) no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Eduarda Cristina Pires Luso.
Coorientador(a): Arthur Medeiros.

BRAGANÇA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por me manter no caminho certo durante este projeto de pesquisa com saúde e energia para chegar até o final.

Aos familiares e amigos, que mesmo passando por momentos difíceis sempre estiveram me apoiando.

Ao meu namorado Maurício, esse ano foi cheio de adversidades e desafios, mas superamos mais essa etapa.

Ao professor Arthur pelos ensinamentos e suporte durante todo os meus anos de ensino superior. A professora Eduarda em conjunto com o professor Arthur, pelo aprendizado e correções que me permitiram apresentar um melhor trabalho acadêmico.

A equipe técnica, Hermínia, João, Paula e Octávio que auxiliaram para a realização deste trabalho e serviram de exemplo profissional pela conduta e dedicação demonstrada.

A instituição de ensino IPB e UTFPR, essencial no meu desenvolvimento profissional, pelo meu empenho, e por tudo o que percorri ao longo dos anos do curso.

RESUMO

É observado o êxodo da população de aldeias da região norte de Portugal para municípios mais populosos, este fato coloca em risco a preservação da identidade local como um todo. Parte dessa realidade está ligada a falta de manutenção adequada nas edificações antigas, visto que a forma correta de reabilitação exige estudos, técnicas específicas e mão de obra qualificada. Com isso em vista, este presente trabalho tem como objetivo contribuir para o conhecimento de materiais locais, a fim de auxiliar possíveis reabilitações nessa região, analisando algumas de suas características físicas, químicas e mecânicas. Além disso este estudo tem o objetivo de colaborar com o projeto INHAVIT, o qual tem como intuito promover a reabilitação do Parque Natural do Montesinho, localizado próximo à região tratada neste trabalho. Foram coletadas seis amostras (três retiradas na freguesia de Gimonde e outras três da Sé, Santa Maria e Meixedo) de argamassas de revestimento a base de cal e uma amostra de blocos de terra compactada (BTC) de uma construção já existente. Foram realizados ensaios de densidade das partículas, granulometria, sedimentação, equivalente de areia, limite de liquidez e plasticidade, azul de metileno, massa volúmica e resistência à compressão nos BTC. Nas argamassas foram executados experimentos de análise química por via húmida, massa volúmica, espectrofotometria de infravermelho, microscopia óptica, absorção de água por capilaridade e resistência a compressão. A partir das análises foi possível identificar que os BTC foram fabricados com solo argiloso, com muitos finos e presença significativa de matéria orgânica, compatível com o solo da região (cambissolos húmicos), porém apresentou uma má resistência à compressão que pode ser justificada pela idade e condições de armazenamento do material. As argamassas das freguesias da Sé, Santa Maria e Meixedo apresentaram um traço de 1:2,5 a 1:3, já em Gimonde 1:3 a 1:4 e nas suas composições quase não foi encontrada matéria orgânica. O ensaio de absorção de água por capilaridade não obteve um resultado conclusivo, podendo ser causado pela adaptação do ensaio somado à irregularidade das amostras. As resistências à compressão das amostras analisadas foram altas, porém sendo apenas um indicativo visto que a adaptação do ensaio não resulta em respostas reais. As conclusões retiradas do estudo são potenciais características dos

materiais, sendo difícil afirmá-las, visto que os materiais não foram produzidos e controlados em laboratório.

Palavras-chave: Reabilitação; Blocos de terra compactada; argamassa; materiais tradicionais.

ABSTRACT

The exodus of the population from villages in the northern region of Portugal to more populous municipalities is observed, this fact puts the preservation of the local identity as a whole at risk. Part of this reality is linked to the lack of adequate maintenance in old buildings, since the correct form of rehabilitation requires studies, specific techniques and qualified labour. With that in mind, this present work aims to contribute to the knowledge of local materials, in order to assist possible rehabilitations in this region, analysing some of their physical, chemical and mechanical characteristics. In addition, this study aims to collaborate with the INHAVIT project, which aims to promote the rehabilitation of the Montesinho Natural Park, located near the region treated in this work. Six samples were collected (three from the parish of Gimonde and another three from Sé, Santa Maria and Meixedo) of lime-based coating mortars and a sample of compacted earth blocks (CEB) from an existing building. Specific weight, granulometry, sedimentation, sand equivalent, liquidity and plasticity limit, methylene blue, density and compressive strength tests were carried out. In the mortars, chemical analysis by wet method, density, infrared spectrophotometry, optical microscopy, water absorption by capillarity and compressive strength were carried out. From the analysis, it was possible to identify that the compacted earth blocks were made with clayey soil, with many fines and a significant presence of organic matter, compatible with the soil of the region (humic cambisols), but it presented a poor compressive strength that can be justified by the age and storage conditions of the material. The mortars of the parishes of Sé, Santa Maria and Meixedo showed a trace of 1:2.5 to 1:3, whereas in Gimonde 1:3 to 1:4 and in their compositions almost no organic matter was found. The capillary water absorption test did not obtain a conclusive result, which may be caused by the adaptation of the test added to the irregularity of the samples. The compressive strengths of the analysed samples were high, but this is just an indication since the adaptation of the test does not result in real responses. The conclusions drawn from the study are potential characteristics of the materials, and it is difficult to affirm them, since the materials were not produced and controlled in the laboratory.

Keywords: Rehabilitation; Compacted earth blocks; mortar; traditional materials.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Reabilitação feita de forma errónea.....	4
Figura 2 - Áreas homogêneas do PNM.....	7
Figura 3 - Mapa das áreas protegidas em Portugal Continental	8
Figura 4 - Moinho	9
Figura 5 - Interior do Moinho.....	9
Figura 6 - Pombal	9
Figura 7 - Interior do Pombal.....	9
Figura 8 - Edifício para de fabricação de vinhos	9
Figura 9 - Casas tradicionais em estado de abandono.....	10
Figura 10 - Intervenções modernas em edifícios tradicionais	11
Figura 11 - Exemplo de casa típica transmontana	11
Figura 12 - Exemplo de casas típicas transmontana	11
Figura 13 - Exemplo de construção em Tabique	12
Figura 14 - Casas tradicionais da zona Norte de Portugal	13
Figura 15 - Revestimento cerâmico nas casas típicas transmontanas	14
Figura 16 - Corte do piso em madeira	14
Figura 17 - Testemunho do artista Graças Morais	15
Figura 18 - Exemplo de varanda	16
Figura 19 - Exemplo de varanda e janelas	16
Figura 20 - Exemplo de porta e janelas	16
Figura 21 - Exemplo de porta	16
Figura 22 - Exemplo de janelas	17
Figura 23 - Materiais característicos das paredes de cada região do PNM	18
Figura 24 - Materiais característicos das telhas de cada região do PNM.....	19
Figura 25 - Províncias de Portugal	19
Figura 26 - Corte Horizontal, alçado e corte vertical respetivamente de um forno	21
Figura 27 - Fornos de cal na região Norte da Terra Fria Transmontana e sedes de concelho de Bragança e Vinhais	22
Figura 28 - Locais de Portugal onde a principal técnica construtiva em terra é a taipa.....	25
Figura 29 - Locais de Portugal onde a principal técnica construtiva em terra é o adobe.....	25
Figura 30 - Locais de Portugal onde a principal técnica construtiva em terra é o tabique	25
Figura 31 - Blocos de Terra a serem ensaiados	29
Figura 32 - Ensaio de densidade das partículas ebulição para retirada dos vazios	31
Figura 33 - Picnómetro depois de atingido a temperatura ambiente e acrescentado água até o traço de referência.....	31
Figura 34 - Quebra do bloco de terra compactada.....	32
Figura 35 - Preparação do material.....	32
Figura 36 - Finos presente no solo	32
Figura 37 - Proveta utilizada no ensaio de sedimentação	32
Figura 38 - Início do ensaio de sedimentação	32
Figura 39 - Parte do ensaio de sedimentação.....	32
Figura 40 - Agitador mecânico	33

Figura 41 - Ensaio do equivalente de areia	33
Figura 42 - Concha de Casagrande	34
Figura 43 - Ensaio de limite de liquidez	34
Figura 44 - Materiais usados para o ensaio de limite de liquidez e plasticidade	35
Figura 45 - Materiais depois de realizado os ensaios	35
Figura 46 - Papel filtro resultante do ensaio de azul de metileno	36
Figura 47 - Processo de ensaio anterior a adição do azul de metileno	36
Figura 48 - Bloco de terra compactada sem alterações	37
Figura 49 - Blocos cortados para a realização do ensaio de resistência à compressão	37
Figura 50 - Locais onde foram retiradas as amostras em Bragança nas freguesias da Sé, Santa Maria e Meixedo.....	39
Figura 51 - Locais onde foram retiradas as amostras em Gimonde.....	39
Figura 52 – Algumas das amostras retiradas do local nomeado como BRAG 3	40
Figura 53 - Alguns dos materiais usados no ensaio de análise húmida	42
Figura 54 - Suporte utilizado para secar o filtro com os finos	42
Figura 55 - Saturação das amostras.....	42
Figura 56 - Outras tipos de radiação em relação ao infravermelho	43
Figura 57 - Movimentos vibracionais analisados na espectrofotometria de infravermelho.....	44
Figura 58 - <i>Fourier Transform</i>	44
Figura 59 - Faixas aproximadas onde alguns tipos de ligações de estiramento se encontram	44
Figura 60 - Provete para ensaio de compressão em amostras irregulares.....	47
Figura 61 - Provete para ensaio de compressão em amostras irregulares.....	47
Figura 62 - diagrama de classificação dos solos (Triângulo de Feret).....	50
Figura 63 - Separação dos finos dos ligantes dissolvidos em ácido	54
Figura 64 - Granulometria da areia fina convencional	56
Figura 65 – Gráfico de espectrofotometria de infravermelho resultante da amostra BRAG – 1	57
Figura 66 - Amostra GIM 3 antes e depois do ensaio de análise química por via húmida	59
Figura 67 - Provete submetido ao ensaio de resistência à compressão.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos do desempenho à água das argamassas de substituição	23
Tabela 2 - Requisitos para qualidades mecânicas das argamassas de substituição	24
Tabela 3 - Características de amostras de taipa.....	28
Tabela 4 - Aplicação de madeira em edifícios antigos.....	28
Tabela 5 - Normas utilizadas nos ensaios em BTC	30
Tabela 6 - Normas utilizadas nos ensaios em argamassas antigas	41
Tabela 7 - Classificação em relação ao índice de plasticidade	51
Tabela 8 - Classificação RTR somada do valor de azul de metileno	52
Tabela 9 - Resultados da análise química por via húmida	54
Tabela 10 - Resultados do ensaio de massa volúmica	56
Tabela 11 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra BRAG - 1.....	57
Tabela 12 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra BRAG - 3.....	57
Tabela 13 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra BRAG - 4.....	57
Tabela 14 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra GIM - 1	58
Tabela 15 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra GIM - 2	58
Tabela 16 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra GIM - 3	58
Tabela 17 – Resultados ensaio de absorção de água por capilaridade	59
Tabela 18 - Classificação de argamassas a partir do coeficiente de capilaridade	60
Tabela 19 - Características das amostras preparadas em laboratório utilizadas para comparação.....	60
Tabela 20 - Classificação de argamassas a partir da resistência a compressão	61

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1	Contexto	1
1.2	Objetivo	2
1.2.1	Objetivo geral	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Limitações do trabalho	3
1.4	Justificativa	3
2	CAPITULO 2 - CONSTRUÇÕES E MATERIAIS TRADICIONAIS	5
2.1	Reabilitação	5
2.2	Parque Natural do Montesinho e Região Transmontana	6
2.3	Tipologia construtiva	10
2.4	Materiais usados nas construções tradicionais	17
2.4.1	Pedra de xisto.....	19
2.4.2	Cal.....	20
<u>2.4.2.1</u>	<u>Argamassa de substituição</u>	<u>22</u>
2.4.3	Terra.....	24
<u>2.4.3.1</u>	<u>Tabique</u>	<u>26</u>
<u>2.4.3.2</u>	<u>Adobe</u>	<u>26</u>
<u>2.4.3.3</u>	<u>Taipa</u>	<u>27</u>
2.4.4	Madeira	28
3	CAPITULO 3 - ESTUDO LABORATORIAL	29
3.1	Ensaio realizados em bloco de terra compactada	29
3.1.1	Densidade das partículas	30
3.1.2	Granulometria e sedimentação	31
3.1.3	Equivalente de areia.....	33
3.1.4	Limite de liquidez e plasticidade	34
3.1.5	Azul de metileno	35
3.1.6	Massa volúmica.....	36
3.1.7	Ensaio de resistência à compressão	37
3.2	Ensaio realizados em argamassa	37
3.2.1	Análise química por via húmida.....	41
3.2.2	Massa volúmica.....	42
3.2.3	Espectrofotometria de infravermelho.....	43

3.2.4	Microscopia óptica simples.....	44
3.2.5	Absorção de água por capilaridade	45
3.2.6	Ensaio de resistência à compressão	46
4	CAPITULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
4.1	Bloco de terra compactada	48
4.1.1	Densidade das partículas	48
4.1.2	Granulometria e sedimentação	48
4.1.3	Equivalente de areia.....	50
4.1.4	Limite de liquidez e plasticidade	50
4.1.5	Azul de metileno	51
4.1.6	Massa volúmica.....	52
4.1.7	Ensaio de resistência à compressão	53
4.2	Argamassas	53
4.2.1	Análise química por via húmida.....	53
4.2.2	Massa volúmica.....	56
4.2.3	Espectrofotometria de infravermelho.....	57
4.2.4	Microscopia óptica.....	59
4.2.5	Absorção de água por capilaridade	59
4.2.6	Ensaio de compressão	61
5	CAPITULO 5 - CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	63
5.1	Considerações finais	63
5.2	Trabalhos futuros	64
	REFERÊNCIAS.....	65
	ANEXO A - Carta dos Solos de Portugal	69
	ANEXO B - Link de acesso ao mapa de coleta das amostras de argamassa 71	
	ANEXO C - Gráficos de espectroscopia no infravermelho	73
	ANEXO D - Imagens microscopia óptica	76
	ANEXO E - Ficha de Ensaio Pa 40.....	79
	ANEXO F - Ficha de Ensaio Pa 42.....	83

1 CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A arquitetura típica, assim como os materiais tradicionais, diz muito sobre a história e costumes de uma região. Visando a preservar a memória local existem intervenções próprias para edificações antigas como a reabilitação que tem como objetivo promover funcionalidade ao edifício com o máximo aproveitamento da construção já existente e mantendo a sua essência tradicional.

Além disso, há uma organização não-governamental, a ICOMOS (Conselho Internacional dos Monumentos e Sítios), destinada a promover o estudo de metodologias e tecnologias ligadas à conservação e valorização de monumentos históricos. É por meio dessa ONG (organização não governamental) que são definidas muitas das diretrizes para a formulação de como devem ser feitas as decisões quando realizada uma reabilitação em edifícios antigos.

A falta de conhecimento dos materiais e procedimentos adequados para a realização de manutenção em edifícios antigos provoca diversas consequências indesejadas para a edificação. Como o uso de elementos atuais incompatíveis com materiais já existentes na construção, perda da arquitetura original e desvalorização do edifício.

Um dos maiores problemas nos edifícios de Portugal é a falta de reparações e manutenções destinadas à conservação e à reabilitação. Tal situação é uma das motivações para o abandono de patrimónios edificados. Infelizmente essa é uma condição notada em todos os lugares do país (MENDES, 2017).

Essa realidade coloca em risco a tradição local. Existem aldeias da região Norte de Portugal com grandes chances de serem totalmente despovoadas daqui alguns anos. Isso se deve ao êxodo da população mais jovem para os grandes centros. Além disso muitas das famílias, mesmo não residindo mais nas casas tradicionais, possuem um apego ao imóvel. Mesmo quando decidem colocá-los à venda são comercializados por valores muito altos.

A localização de Trás-os-Montes tem um potencial turístico relevante, principalmente nos âmbitos do turismo de natureza, dispondo de espaços naturais para ecoturismo, turismo de montanha. A característica rural da região possibilita o agroturismo e turismo arqueológico. Visto a arquitetura, culinária e festas

tradicionais locais, existe um potencial no que diz respeito ao turismo cultural (ALVES, 2008).

Tendo em consideração esta problemática, o presente trabalho tem como intuito colaborar, numa parte, com os estudos realizados no projeto INHAVIT. Este programa pretende estudar a vulnerabilidade das aldeias pertencentes ao Parque Natural do Montesinho (PNM) localizado na região Nordeste de Portugal, quer a nível social, ambiental, bem como a nível do património construído, trazendo assim proposta para o reparo correto das habitações e fixação da população regional.

O presente trabalho realizado consiste na caracterização de materiais tradicionais, usados nas construções antigas localizadas na região do Nordeste Transmontano quer inseridas dentro do PNM como fora dele. Foram analisados em laboratório blocos de terra compactada (BTC) coletados de uma edificação antiga e argamassas de revestimentos à base de cal coletadas na área de das freguesias de Santa Maria, Sé e Meixedo e Gimonde também de construções antigas.

Para os blocos de terra compactada foi estudado o tipo de solo utilizado para a sua fabricação e testada a resistência à compressão. As argamassas passaram por testes químicos e físicos a fim de chegar nos seus componentes e investigar algumas de suas qualidades.

1.2 Objetivo

Considerando a importância da pesquisa anterior sobre os materiais e as características locais para a execução das reabilitações e a sua correta aplicação, este trabalho pretende contribuir por meio do objetivo geral e específicos apresentados a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é caracterizar blocos de terra compactada e argamassas de revestimento a base de cal de construções antigas da região nordeste de Trás-os-Montes e conseqüentemente, auxiliar o projeto INHAVIT.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar blocos de terra compactada coletados e argamassas de revestimento a base de cal in situ da região norte de Portugal;

- Verificar o desempenho dos materiais estudados frente a normas e/ou referências externas;
- Colaborar para estudos futuros sobre materiais e técnicas tradicionais.

1.3 Limitações do trabalho

O presente trabalho apresenta limitações no que se diz respeito as condições dos materiais. Os materiais foram coletados de construções já existentes e antigas, apresentando uma maior fragilidade e menor resistência ao serem manuseados. Esse empecilho é visto tanto nas amostras de argamassa, como nas de blocos de terra compactada.

Por esse motivo não foram vistas normas para alguns dos ensaios realizados, e outras existentes não foram possíveis de serem aplicadas. Tais limitações são comuns em trabalhos dessa natureza. Para alguns ensaios foi possível encontrar fichas de ensaios efetuadas especialmente para o caso pesquisado, tendo como outro empecilho a falta de material exigido no laboratório, sendo necessários alguns ajustes para a sua execução.

Logo, os desafios deste trabalho foi entender como trabalhar com materiais desconhecidos que não foram fabricados em laboratório e conseqüente a ausência de normas técnicas para materiais neste contexto. Devido a essa adversidade, foi preciso de uma intensa pesquisa anterior para entender como esse material pode ser analisado, além disso, os resultados recolhidos são menos precisos e em menor quantidade por não ser possível de replicá-los em laboratório.

1.4 Justificativa

O projeto teve início no ano de 2022 e possui três instituições participantes (Universidade do Minho, Universidade de Aveiro e Instituto Politécnico de Bragança) e consultores internacionais (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Universidad de Burgos e Gratia Hydro), além disso o projeto possui o apoio da Câmara Municipal de Bragança.

O programa tem como objetivo a reabilitação e a revitalização do patrimônio cultural da região do Parque Natural do Montesinho (PNM). O propósito principal é a melhoria das edificações para alcançar melhores condições de vida a fim de atrair

e fixar as comunidades locais, dessa forma, previne-se o despovoamento dos núcleos rurais. Além disso, serão propostas estratégias de reduções de riscos, autossuficiência energética, bem como identificada a sensibilidade socioeconômica e ambiental que está causando a saída da população, e caracterizados os edifícios e construções rurais, entre outros objetivos que estão alinhados com os da Agenda 2030 das Nações Unidas.

Ainda que o PNM apresente potencial turístico, tanto perante a cultura, como, por exemplo, por meio do seu patrimônio geológico (VIEIRA et al., 2018), tendo em vista a faixa etária da população nas aldeias tradicionais do PNM somada à sua redução, é colocado em risco o patrimônio cultural local, como as paisagens, festas típicas e arquitetura. Além disso, muitas das reabilitações nas aldeias que o PNM abrange não foram executadas de forma correta, dessa forma não representando a real arquitetura local.

Na Figura 1 vê-se um exemplo claro dessa realidade, onde uma casa foi estruturada com alvenaria moderna e depois adicionadas pedras com argamassa cimentícia como revestimento para ocultar a não obediência às formas tradicionais de construção da região. Além desse há diversos outros exemplos. Posto isso o projeto INHAVIT está sendo desenvolvido a fim de conservar a herança cultural do PNM por meio de abordagens sustentáveis.



Figura 1 - Reabilitação feita de forma errónea

Logo, este documento tem, em partes, o intuito de auxiliar nas pesquisas do projeto INHAVIT na caracterização dos materiais usados na construção tradicional da região próxima ao PNM.

2 CAPITULO 2 - CONSTRUÇÕES E MATERIAIS TRADICIONAIS

2.1 Reabilitação

Uma má escolha pode colocar em risco características significativas de edificação tradicional, devendo-se sempre prezar pela preservação da construção já existente.

Ao optar pela reabilitação em vez de uma nova construção pode-se trazer outros benefícios além da conservação da parte histórica local. A reabilitação pode trazer sustentabilidade e economia no que se refere ao uso de materiais e conta com benefícios em relação às taxas aplicáveis nas obras como forma de incentivo por parte do governo.

A reabilitação ainda não é uma das opções mais escolhidas em Portugal, visto que demanda muito estudo anterior e mão de obra especializada. Porém, é uma opção que está em crescimento, ainda mais visto que os usos da reabilitação em outros países da Europa já superaram a realização de habitações novas, como mostrado no Gráfico 1.

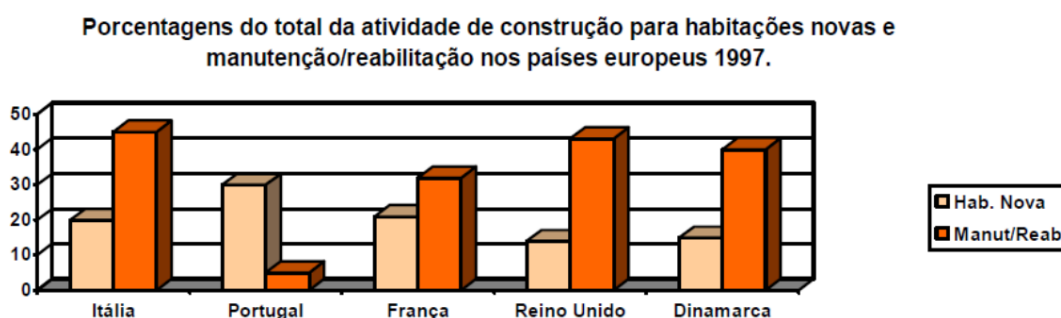


Gráfico 1 – Porcentagem de atividade de reabilitações e construções novas para habitações em alguns países europeus

Fonte: Ferreira (2019)

Além disso, em Portugal existem muitos edifícios tradicionais que necessitam de reparação, visto que é um campo da construção que, caso priorizado, possui muita demanda como apresentado no Gráfico 2.

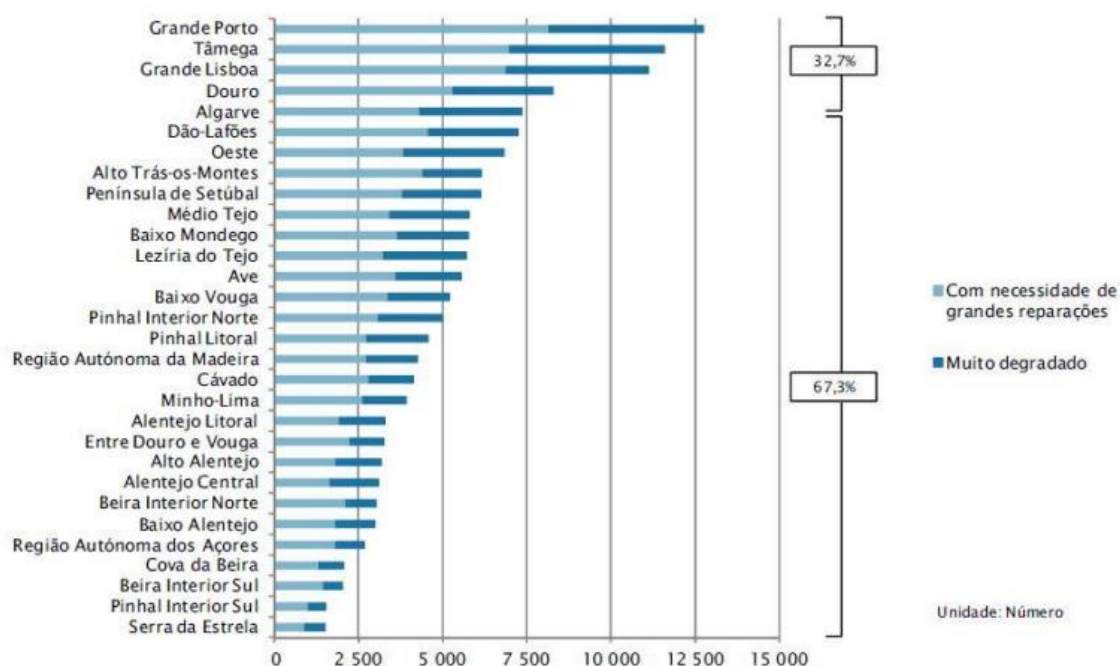


Gráfico 2 – Edifícios tradicionais com necessidade de reparação ou muito degradados

Fonte: Cerqueira (2018)

Sendo a região do Alto Trás-os-Montes a localizada na posição 8 de 30 regiões. Logo apontando uma quantidade significativa de habitações que precisam de reparos e o modo mais correto seria através de reabilitação.

2.2 Parque Natural do Montesinho e Região Transmontana

Destacam-se no parque dois grandes lotes existentes, a Serra da Coroa (lado oeste) e a Serra de Montesinho (lado leste), os quais deram origem ao seu nome. O parque está localizado na região de Trás-os-Montes, o local é um dos maiores parques naturais de Portugal, como demonstrado na Figura 3, neste se encontram diversas aldeias tradicionais que enfrentam a emigração da população local para municípios maiores, nele são englobadas 92 aldeias totalizando cerca de 9000 habitantes e 75mil hectares.

A distância entre o PNM e o distrito de Bragança é entorno de 20km. O clima na região é predominantemente frio, porém, com picos de temperaturas altos nos meses mais quentes do ano. Segundo o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), a temperatura média anual do parque varia entre 8,5°C na Serra de Montesinho e os 12,8°C no sul da freguesia de Baçal, localmente

conhecida como Baixa Lombada (Figura 2), com variação da média das temperaturas máxima e mínima respetivamente, entre os 5–7°C e os 14–17°C.

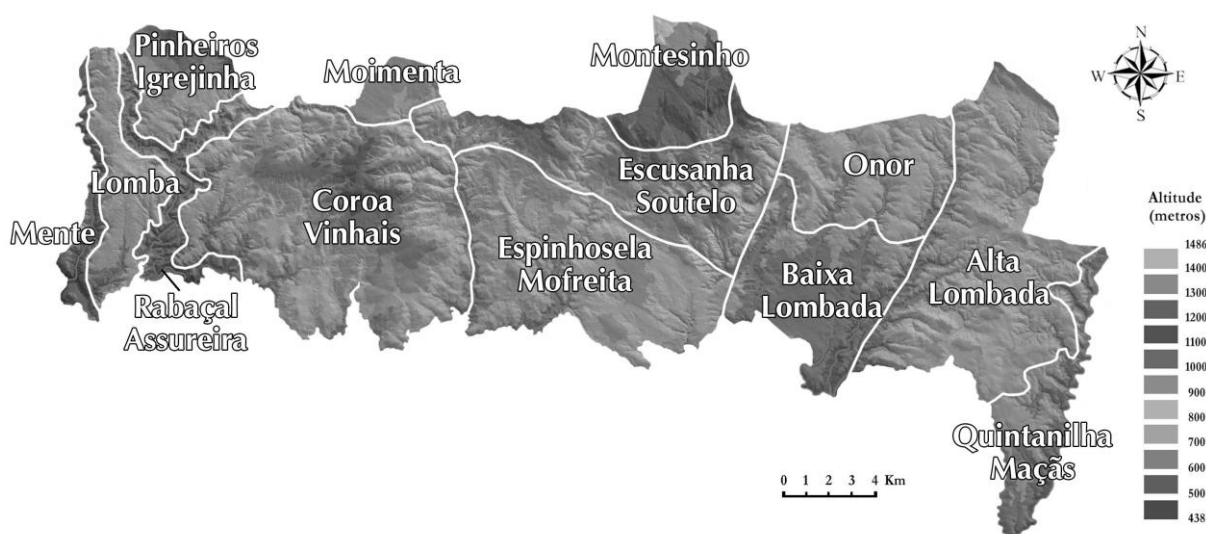


Figura 2 - Áreas homogêneas do PNM

Ainda de acordo com o ICNF, a região apresenta uma grande diversidade de habitats, com destaque para:

- Matos: normalmente são encontrados em solos inadequados para a agricultura e aparecem em altitudes maiores. Possuem relevância para a manutenção da fauna local, servindo de alimento para algumas espécies de répteis;
- Prados naturais: Possuem grande importância para a população local, visto que são usados para a produção de feno e como pasto para o gado bovino. Além disso, apresentam grande variedade de fauna e flora, abrigando uma quantidade superior a 40 espécies de plantas;
- Soutos: Onde a maioria das áreas agrícolas de culturas perenes se situa. Neste são encontrados os pinheiros e espécies exclusivas, que vivem exclusivamente nesse habitat;
- Sardoais: De maneira oposta aos matos, os sardoais estão presentes em locais de menores altitudes, podendo ser vistos nos vales pertos dos rios que cortam o PNM.
- Ecossistemas ribeirinhos: Em relação à conservação, esse é o habitat de maior importância. Podem estar em locais de margens estabilizadas e permanentes assim como em margens instáveis e

temporárias. Nesse ambiente húmido é possível encontrar diversas plantas raras e de alta relevância quanto a conservação;

- Vegetação ultrabásica: Apresenta um solo muito tóxico pela existência de metais pesados, fazendo com que algumas das plantas que aparecem sejam únicas da região;
- Carvalhais: É onde apresenta um dos tipos de vegetação mais importantes do Parque. Devido à sua grande extensão e conservação, é considerado um dos principais bosques de carvalho-negral da Europa, visto especialmente na região central do PNM.



Figura 3 - Mapa das áreas protegidas em Portugal Continental

Culturalmente a região é muito rica, com músicas e festas tradicionais preservadas, mesmo nos dias atuais. Essa característica também é vista na arquitetura que utiliza materiais típicos do local, mostrando, assim, o passado e a história das pessoas que ali se instalaram. Além das casas, existem os edifícios funcionais, como os moinhos, os pombais e locais onde se produziam vinho mostrados nas Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8.



Figura 4 - Moinho



Figura 5 - Interior do Moinho



Figura 6 - Pombal



Figura 7 - Interior do Pombal



Figura 8 - Edifício para de fabricação de vinhos

Infelizmente, esses locais se encontram abandonados, necessitando de reabilitação que, diferente das habitações, exigem um estudo mais específico, visto que depois de reformada a edificação deve estar apta para a produção dos serviços.

2.3 Tipologia construtiva

Na reabilitação das casas é de extrema importância respeitar a harmonia de cada região na implantação de novas obras. Alguns exemplos seriam a arquitetura e as cores das fachadas, a escolha de coberturas com inclinação próxima das outras edificações, a locação da habitação no terreno, entre outros fatores de igual importância estética.

Em visitas a algumas aldeias pertencentes ao PNM foi possível verificar reabilitações feitas de forma errônea, por falta de conhecimento, ou, algumas vezes, na tentativa de adaptar-se à nova realidade em que aquela construção não é oportuna ou a sua reabilitação adequada é financeiramente mais custosa. Ainda há muitos casos em que as casas são abandonadas, sendo necessária uma intervenção mais agressiva para adequá-las para o uso novamente. Alguns exemplos desses casos estão expostos nas fotos da Figura 9.



Figura 9 - Casas tradicionais em estado de abandono

Porém em alguns edifícios não habitacionais, como museus e locais turísticos, é percebida uma reabilitação conforme as normas exigidas pela

ICOMOS. Como exemplo, evidenciar o uso de materiais novos quando não é possível manter os antigos, além de soluções que podem ser substituídas, sem a degradação do material inicial, quando ainda não há a possibilidade de ser feita a partir das técnicas originais, como exibido na Figura 10.



Figura 10 - Intervenções modernas em edifícios tradicionais

Os pilares, guarda-corpos, corrimão de perfis metálicos ficam em destaque ao lado da construção tradicional, evidenciada pela alvenaria estrutural em xisto com madeiras de suporte e uso da argamassa de cal para o assentamento.

As casas da região, também conhecidas como casas transmontanas, são em geral de xisto e sem qualquer tipo de reboco com dois pisos, sendo o térreo destinado aos animais e o andar acima para o uso das pessoas. Além do xisto, os materiais mais utilizados na construção eram a madeira, a terra e as argamassas tradicionais à base de cal, estas matérias-primas serão detalhadas no desenvolver deste trabalho. Na Figura 11 e Figura 12 são exemplificados alguns exemplos de casas típicas do local.



Figura 11 - Exemplo de casa típica transmontana



Figura 12 - Exemplo de casas típicas transmontana

Também existem casas feitas com o uso de terra como material de construção e a principal técnica utilizada é o tabique. As construções em tabique da região Transmontana são basicamente casas unifamiliares com um máximo de três pisos. Normalmente, as suas paredes exteriores são em alvenaria de pedra, os pisos e as escadas interiores são estruturas de madeira e as paredes e tetos interiores em tabique. Porém, é comum encontrar algumas fachadas em tabique, especificamente no nível dos pisos superiores, tendo em vista que é uma construção mais leve se comparada com as alvenarias em pedra (CARVALHO et al., 2008).

Um exemplo é exposto na Figura 13. A casa em questão está localizada em Bragança e apresenta características da construção tradicional. A deterioração da edificação possibilita verificar o método construtivo, sendo o piso inferior feito a partir de alvenaria de pedra e a parte superior de tabique, por apresentar menor peso, logo, trazendo um elemento mais leve e económico para a construção.



Figura 13 - Exemplo de construção em Tabique

Na Figura 14 é apresentado as casas tradicionais no norte, mas especificamente na região de Trás-os-Montes.



Figura 14 - Casas tradicionais da zona Norte de Portugal

Alguns materiais e métodos construtivos importantes na construção e reabilitação das casas nessa região, em relação ao revestimento de pavimentos, nos ambientes onde se exige maior atenção a higiene como cozinha, casa de banho e despensas, é utilização de mosaico hidráulico ou cerâmico, como mostrado na Figura 15. Já no uso de madeiras é necessário protegê-las da humidade e ataque de insetos e fungos, para isso são usados os barretes exemplificados na Figura 16 (GUERRA, 1994).

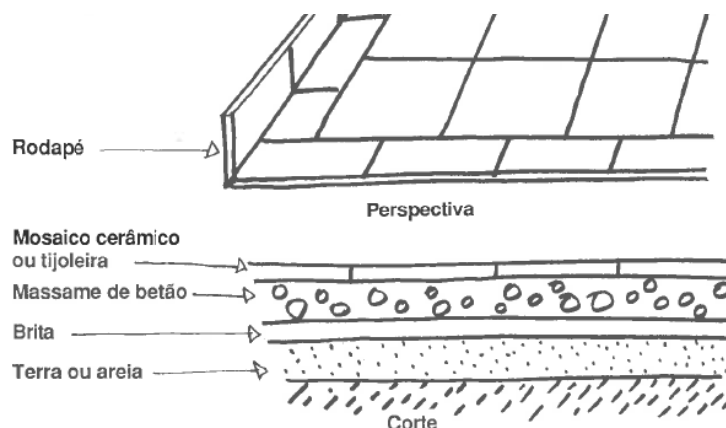


Figura 15 - Revestimento cerâmico nas casas típicas transmontanas

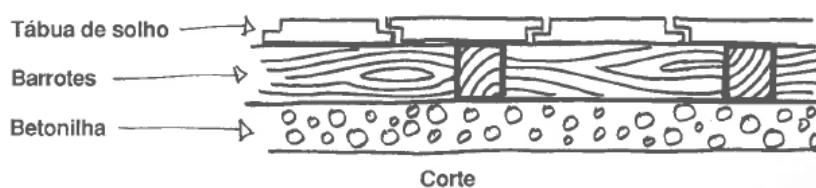


Figura 16 - Corte do piso em madeira

Também destaca a importância que a lareira tem nas casas da região. As lareiras apresentam papéis relevantes tanto na preparação de alimentos como na parte social da casa, por isso devem ser dimensionadas conforme a Lei n.º 38 382 de 7 de agosto de 1951 e de forma que perca menos calor possível para uma melhor economia e conforto à habitação (GUERRA, 1994). Em exposição do artista Graças Morais, feita no Centro de Arte Contemporânea Graças Morais em Bragança, é apresentado seu depoimento sobre uma das experiências que teve ainda na infância junto a lareira das casas tradicionais em uma das aldeias de Trás-os-Montes, Figura 17.

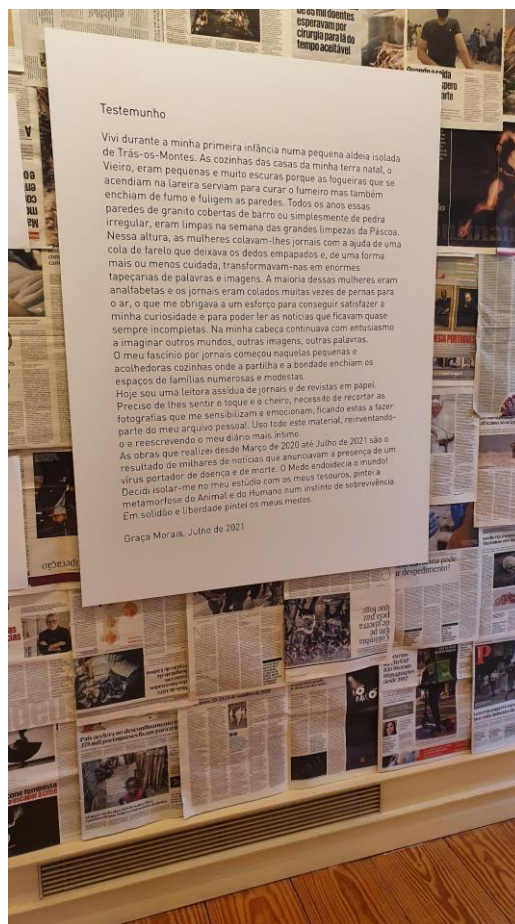


Figura 17 - Testemunho do artista Graças Morais

Além disso, Guerra (1994) menciona as alpendradas e varandas, que devem respeitar a concepção do local com preferência ao uso de materiais característicos da região. Geralmente encontradas no segundo andar, são elementos essenciais para a arquitetura, possuem diferentes modelos de acordo com a disposição das madeiras, escolha dos tipos de telhas e colunas. Nas Figura 18 e Figura 19 são exemplificados alguns tipos de varandas características da região.



Figura 18 - Exemplo de varanda



Figura 19 - Exemplo de varanda e janelas

Outro elemento importante são as janelas, portas e ferragens. Guerra (1994) recomenda o uso de madeira com acabamentos envernizados ou pintados com tinta de esmalte. Habitualmente usa-se a cor verde para os aros e o branco para os caixilhos. Uns dos exemplos de portas estão exibidos nas Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 22.



Figura 20 - Exemplo de porta e janelas



Figura 21 - Exemplo de porta



Figura 22 - Exemplo de janelas

2.4 Materiais usados nas construções tradicionais

Os materiais usados nas construções antigas eram limitados às matérias-primas achadas nas proximidades, porém, com os anos e experiências, as construções remanescentes são aquelas confeccionadas com os melhores materiais. Por sua vez, as casas tradicionais apresentam sinais claros de abandono, sendo necessária a reabilitação das edificações para a reutilização. Para tal é necessário o uso de materiais compatíveis, tanto com a estética como com os materiais tradicionais existente nas edificações. Na Figura 23 são apresentados alguns dos materiais usados na construção de paredes na região do PNM.

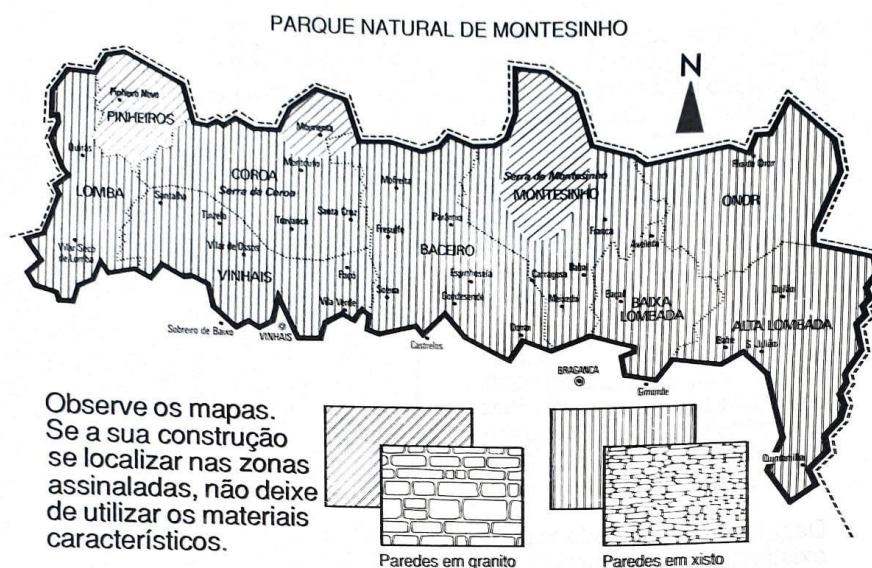


Figura 23 - Materiais característicos das paredes de cada região do PNM

Para o revestimento e assentamento das paredes, era utilizada a argamassa à base de cal por ser uma matéria-prima de qualidade encontrada na região, sendo comum o uso de fornos de cal na época.

Os processos construtivos das telhas são mais variados se comparados com as paredes, na sua maioria feitos em lousa, também conhecidas como ardósia, na sequência são utilizadas telhas de cerâmica e em uma menor parte do Parque as casas possuem os dois tipos de telhas, tanto lousa como cerâmica. Na Figura 24 estão apresentadas as zonas em que estão localizadas cada tipo de telhas.

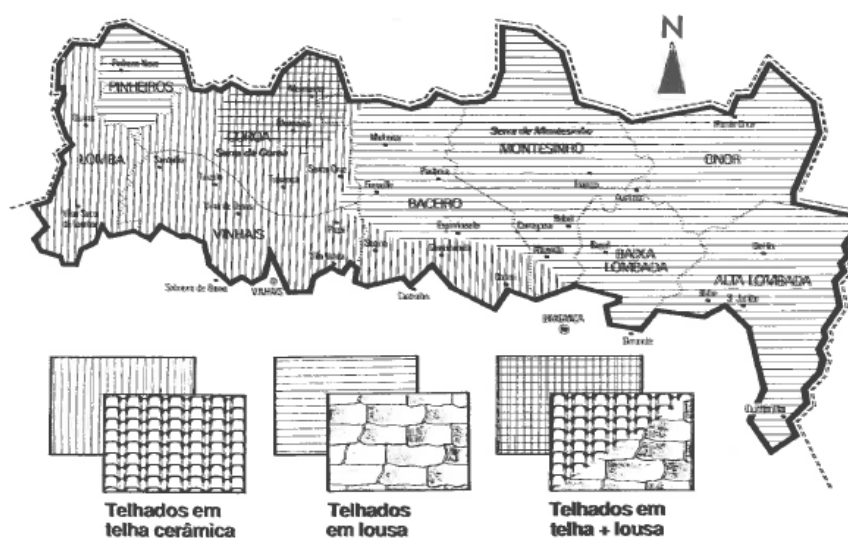


Figura 24 - Materiais característicos das telhas de cada região do PNM

Também são encontradas construções em terra. Esse material permite o uso de diversas técnicas, como taipa, adobe, terra empilhada e tabique. Outro material indispensável para a estrutura das construções é a madeira, usada em vigas, paredes estruturais, entre outros elementos construtivos.

2.4.1 Pedra de xisto

Essa rocha metamórfica se caracteriza pelos seus grãos finos e fácil esfoliação. O nome xisto é o termo genérico, pois dentro desse grupo existem diversos tipos de minerais. Em Portugal o xisto é abundante nas regiões de Trás-os-Montes e Beiras (Beira Alta, Beira Litoral e Beira Baixa), localizadas na Figura 25.



Figura 25 - Províncias de Portugal

O xisto possui excelentes propriedades físicas, químicas e mecânicas com particularidades como: impermeabilidade, não combustibilidade, alta invariância (cor, textura, composição), resistência mecânica, durabilidade, flexibilidade e capacidade isolante (térmica e elétrica), o que o torna um elemento de qualidade para construção, decoração e projetos de engenharia civil.

Noronha et al. (2011) apresentam algumas das características do xisto da região de Trás-os-Montes e Alto Douro na utilização como rochas ornamentais e para construção civil.

Os resultados dos experimentos foram feitos separando os materiais por região. Estes são variados, porém, todos apresentam uma boa resistência à compressão, sendo a mais baixa de 31 MPa na região de Portelo, seguida 39 MPa em Gimonde, já os resultados mais altos foram em Aveleda com 221 MPa, seguido de Palheiros com 213 MPa de resistência à compressão. Para flexão todos apresentaram menor resistência, com exceção de Pardelhas e Portelo. Também é comprovada a sua baixa absorção de água e alta massa volúmica.

A pesquisa ainda mostra os usos recomendados para o material em cada região. Todos são indicados para alvenaria rústica, já para as alvenarias estruturais são excluídos Portelo e Gimonde por apresentarem menor resistência à compressão por ser um material pesado que necessita de uma alta resistência nesses casos. Juntamente são expostos o uso para lintéis, pavimentos, revestimento de paredes e coberturas, o último é muito utilizado em aldeias da região por meio de técnicas específicas.

2.4.2 Cal

A produção de cal para o uso em argamassas antigas é feita a partir de fornos carregados por meio de lenha, a qual auxilia para uma melhor qualidade do material produzido. O designe dos fornos contribui à retirada da cal viva, como exibido na Figura 26. O abandono dos fornos de cal coincidiu com um aumento significativo da migração de pessoas transmontanas para outras localidades, que na maioria dos casos decidiram abandonar a aldeia e todas as atividades relacionadas com a área. Por outro lado, a produção tradicional de cal é feita em moldes manuais, cuja distribuição sequer é feita por veículos motorizados, pois muitos fornos estão localizados em locais inacessíveis. Finalmente, esse foi o período em que o uso de argamassas à base de cimento se generalizou e decidiu-

se abandonar gradualmente o uso de cal viva gasosa como ligante de argamassas de construção (VALE, 2017).

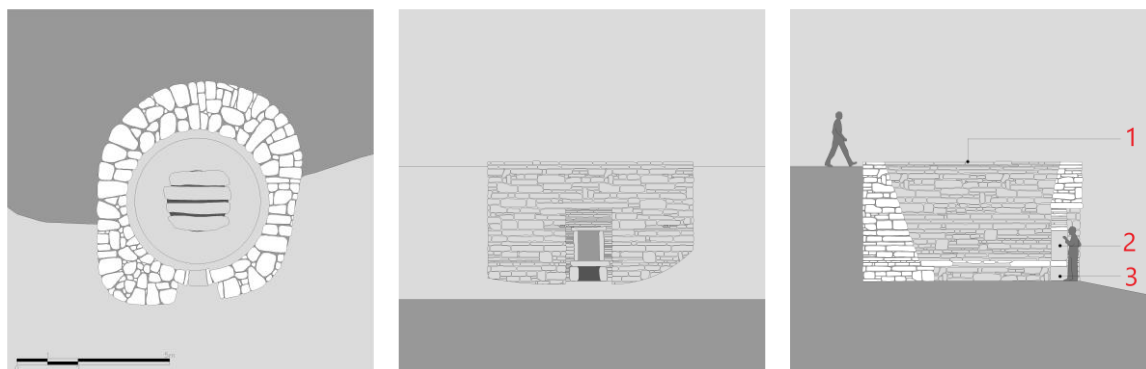


Figura 26 - Corte Horizontal, alçado e corte vertical respetivamente de um forno

No corte vertical apresentado na Figura 26 é vista a boca de carga, por onde se coloca a matéria bruta, enumerada como 1, a boca de descarga, usada para a retirada da cal viva, como 2, e a câmara de ventilação, necessária para a queima do combustível, 3.

As argamassas de cal, principalmente cal parda, dos fornos Terra Fria Transmontana, são tradicionalmente utilizadas na construção de alvenaria de pedra, estuque e reboco. A argamassa de cal branca, embora em volumes menores, era utilizada para camadas externas, de acabamento e decorativas. Por último, a argamassa de revestimento era a face visível e fundamental de todo o sistema construtivo tradicional, da qual o seu bom desempenho depende do funcionamento de todos os seus componentes (VALE, 2017).

A matéria-prima para a produção da argamassa de cal é encontrada nas regiões de Cova de Lua e Dine. O calcário encontrado na Cova de Lua é engastado nos xistos verdes na extensão noroeste-sudeste da região. Indo para a região de Dine, a qual engloba a área de Macedo de Cavaleiros, é identificado o dolomito calcário, silicioso, este varia entre branco azulado ou em tom escuro, com característica xistoso e de grãos finos (VALE, 2017). Existem outras zonas transmontanas que apresentam calcário em menores quantidades, logo, menos explorados, como na aldeia de Aveleda, Rabal, Varge e Moimenta, a qual se estende até a aldeia de Casares (VALE, 2017).

A Figura 27 são exibidos os locais dos fornos de cal na região Norte da Terra Fria Transmontana (representadas pelos pontos pretos) e as sedes de concelho, Bragança e Vinhais (representados pelos pontos brancos).

Figura 27 - Fornos de cal na região Norte da Terra Fria Transmontana e sedes de concelho de Bragança e Vinhais



Encontram-se diferentes tipos de cal utilizados para a construção civil. Tendo a norma NP EN 459-1 (CEN, 2011) como diretriz para algumas definições deste material. Os tipos de cal existentes, seu tipo de aplicação e quais são cobertas pela norma NP EN 459-1 (CEM, 2011). Sabe-se que a cal utilizada nas construções tradicionais não é de mesma característica que a industrializada e especificada por norma, devido à sua elevada heterogeneidade, por isso, a importância de caracterizar sua composição química e qualidades físicas.

2.4.2.1 Argamassa de substituição

Existem inúmeras possibilidades de traços e composições para as aplicações de argamassas, sendo preciso definir a sua funcionalidade na obra. Diferente das argamassas de cimento usadas atualmente, a argamassa tradicional é feita a partir da cal. O mau uso da argamassa comentícia nas reabilitações traz efeitos negativos, visto que o cimento é discordante com as alvenarias antigas pelo fato de ser mais rígido, entre outros fatores. A argamassa mais adequada para esses casos é a feita a partir da cal, a qual apresenta mais elasticidade e

acompanha as deformações, além de ser menos passível de gerar sais (MENDES, 2017).

A intervenção em revestimentos de edifícios antigos divide-se em 4 (quatro) níveis possíveis que devem ser avaliados. O primeiro é a conservação do revestimento a partir de reparações pontuais; o segundo se destina a casos de materiais de alto valor, recomendando, assim, a conservação do revestimento já existente; o terceiro nível se refere à troca parcial por meio de revestimentos próximos ao antigo; o quarto e último é a substituição total do reboco (DIAS, 2013).

Em estudo realizado por Mendes (2017), é indicado que as argamassas tradicionais de cal destinadas ao revestimento possuem um traço volumétrico de 1:3, sendo 1 para cal e 3 de areia. Em análise feita por Kanan (2008), confirma que o traço pode variar de 1:4 a 1:3, porém, dependendo da sua função, pode exibir traços de 1:2 a 1:0,5 com maiores quantidades de cal.

Santos e Veiga (2012) definiram requisitos para argamassas de substituição apresentados nas Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 - Requisitos do desempenho à água das argamassas de substituição

Argamassa	Ensaio clássico		Ensaio com o humidímetro			Envelhecimento artificial acelerado
	S _D (m)	C (kg/m ² . min ^{1/2})	M (h)	S (h)	H (mv.h)	
Reboco exterior	< 0,08	1 - 1,5	> 0,1	< 120	< 16 000	Médio: degradação moderada nos ciclos água/gelo
Reboco interior	< 0,10	-	-		-	
Juntas		1 - 1,5	> 0,1		< 16 000	

S_D - Espessura da camada de ar de difusão equivalente (valor relacionado com a permeância); C - Coeficiente de capilaridade; M - Atraso na molhagem, definido como o período de tempo decorrente desde o momento da aplicação da água sobre o provete até a água atingir as sondas; S - Período de humedecimento, definido como o período de tempo durante o qual o suporte permanece humedecido, considerando-se que tal acontece enquanto a tensão elétrica se mantém abaixo de 95% do seu valor inicial; H - Intensidade de molhagem, ou seja a área situada entre a linha que define a variação da tensão elétrica com o tempo e a linha correspondente ao valor da tensão no estado considerado seco.

Fonte: Santos e Veiga (2012)

Tabela 2 - Requisitos para qualidades mecânicas das argamassas de substituição

Argamassa	Características Mecânicas (MPa)			Aderência (MPa)	Comportamento à retração restringida			
	Rt	Rc	E		F _{rmáx} (N)	G (N.mm)	CSAF	CREF (mm)
Reboco exterior	0,20 - 0,70	0,40 - 2,50	2000 - 5000	0,1 - 0,3 ou rotura coesiva pelo reboco	< 70	> 40	> 1,5	> 0,7
Reboco interior								
Juntas	0,40 - 0,80	0,60 - 3,00	3000 - 6000	0,1 - 0,5 ou rotura coesiva pela junta				

Rt – Resistência à tração por flexão; Rc – Resistência à compressão; E – Módulo de elasticidade dinâmico por frequência de ressonância; F_{rmáx} – Força máxima induzida por retração restringida; G – Energia de rotura à tração; CSAF = Rt/F_{rmáx} – Coeficiente de segurança à abertura da 1ª fenda; CREF = G/F_{r max} – Coeficiente de resistência à evolução da fendilhação.

Fonte: Santos e Veiga (2012)

Em casos de edifícios muito importantes historicamente, é necessário atender requisitos mais rígidos definidos a partir das características da edificação em relação à estética, à durabilidade e principalmente a atender a veracidade histórica do edifício (SANTOS; VEIGA, 2012).

2.4.3 Terra

A terra é um dos materiais mais antigos do mundo usados nas construções. Esse fato é visto não apenas na Europa, mas em todos os continentes. Não sendo diferente em Portugal, onde o uso desse material para a construção vem desde cerca de 5500 a.C. (DIAS, 2013), sendo as técnicas mais importantes a taipa, o adobe e o tabique. Na Figura 28, Figura 29 e Figura 30 estão expostos os locais onde essas técnicas são mais expressivas.



Figura 28 - Locais de Portugal onde a principal técnica construtiva em terra é a taipa



Figura 29 - Locais de Portugal onde a principal técnica construtiva em terra é o adobe



Figura 30 - Locais de Portugal onde a principal técnica construtiva em terra é o tabique

As variações das técnicas em relação às regiões se dão principalmente pela influência do fator económico e do clima de cada localidade. É visto que a região de estudo se utiliza da técnica de tabique, sendo os climas mais favoráveis para o uso da terra os mais secos, dependendo também do tipo de solo aplicado (DIAS, 2013).

Infelizmente, muitas das edificações em terra estão em grave estado de degradação, tendo casos sem soluções de reabilitação. Além disso, os proprietários não aceitam facilmente a ideia de reformar essas habitações (PEREIRA et al., 2011). Também se deve levar em conta a fragilidade do material em comparação a outros para se manter com pouca degradação.

E para um melhor entendimento sobre esse material e como este se comporta, é preciso caracterizá-lo a fim de poder utilizá-lo da forma mais coerente. As características principais para serem avaliadas são a granulometria, limites de consistência, teor de água e a massa volúmica das partículas. De acordo com a mecânica dos solos em relação à granulometria, os solos são divididos em 3 (três) categorias. Solos arenosos são aqueles que possuem partículas com maiores

dimensões e que se desprendem com facilidade quando colocados em água. Solos siltosos possuem uma capacidade superior de retenção de água se comparados com os arenosos. Por último, os solos argilosos são compostos por muitos finos, são os que mais retêm água, tornando-os mais complexos (MARTINS, 2018).

Segundo a carta de solos de Portugal o solo encontrado na região é o cambissolo húmico (anexo A -), caracterizado pela sua cor escura e presença de matéria orgânica, geralmente relacionadas a locais com baixa temperatura.

2.4.3.1 Tabique

O tabique é uma técnica que envolve a aplicação de terra em uma estrutura previamente concebida, geralmente feita de madeira ou cana. Desse modo, forma-se uma estrutura híbrida, na qual a resistência é essencialmente proporcionada pela estrutura de madeira, na qual a terra atua como material de revestimento e enchimento. Esse caso evidencia a diferença em relação a outros métodos construtivos em terra relevantes em Portugal, uma vez que na taipa e no adobe, a terra é o principal material. O tabique também é conhecido como sopapo, taipa de mão e pau-a-pique, o último é a designação mais conhecida no Brasil (CARVALHO et al., 2008).

Por ser uma técnica que se utiliza apenas de materiais naturais, normalmente encontrados nas proximidades da construção, evitando, assim, recursos industriais ou equipamentos de elevado valor financeiro e ecológico, é possível dizer que é económica e sustentável (PEREIRA et al., 2011).

2.4.3.2 Adobe

Os blocos de adobe são basicamente feitos de terra crua que é moldada em moldes de madeira e seca ao sol. Blocos de adobe podem ser feitos de solo composto de argila e areia. Após a moldagem, o processo de secagem desses blocos é feito de forma natural sem qualquer processo de queima. Os blocos de adobe podem ser feitos em diferentes tamanhos, tipos de solo e eventualmente podem incluir fibras naturais ou alguns ligantes como a cal (CARVALHO et al., 2008).

As construções portuguesas de adobe são especialmente comuns nas bacias hidrográficas do Mondego, Tejo e Vouga, perto de regiões costeiras onde

os demais materiais de construção são escassos. Principalmente na tecnologia adobe, a consistência do solo ideal que é colocado em um molde e seco ao sol depende da porcentagem correta de água em sua composição. Logo, é visto que a técnica construtiva do adobe é presente em locais com muita acessibilidade à água (LIMA et al., 2018).

O solo utilizado no adobe é um geralmente mais argiloso do que o aplicado na taipa (DIAS, 2013). Considerando a notável resistência à compressão dos blocos de adobe, estes são utilizados não só na construção de paredes de alvenaria, mas também na construção de outros elementos estruturais como arcos, abóbadas e cúpulas (CARVALHO et al., 2008).

A diferença entre o adobe e Blocos de Terra Compactada (BTC) é que o último é compactado e conseqüentemente apresenta uma melhor estabilidade se comparado com o adobe. Além disso, nos BTC fabricados atualmente é comum possuir a adição de cimento na sua composição na ordem de 5% (GOMES, 2012).

2.4.3.3 Taipa

A taipa compreende em uma estrutura de parede monolítica feita de grandes pedaços de solo bruto compactados in situ. O solo utilizado deve ter teor de humidade suficiente (levemente húmido) para ser compactado continuamente entre os dois painéis laterais, resultando em alvenaria espessa e de alta resistência. Na sua composição podem ser adicionados outros materiais como areia, fibra de vegetais, cascalho e outros.

O solo utilizado nessa técnica deve apresentar uma granulometria favorável para a compactação, coesão, capacidade de deformação a fim de suportar variações climáticas como temperatura e humidade. Em estudos realizados por outros autores foram caracterizadas amostras de taipa quanto à sua resistência à compressão, absorção capilar e por esclerómetro pendular e os resultados obtidos estão expostos na Tabela 3 (DIAS, 2013).

Tabela 3 - Características de amostras de taipa

Amostra	Rc (MPa)		Absorção capilar (kg/m ² . min ^{1/2})	Esclerómetro pendular (escala Vickers)
	Revestimento	Taipa	Revestimento	Revestimento
			Cc5*	
Sesmarias	2,1	1,1	0,57	89
Arão	2,6	1,3	0,35	92
Montes de Cima	3,1	0,8	1,69	94
Pincho	2	1,3	0,67	89
Porches	4,1	2,7	0,89	99

*Cc - Coeficiente de capilaridade aos 5 minutos

Fonte: Dias (2013)

2.4.4 Madeira

Como material de construção, a madeira possui propriedades únicas: é um material orgânico, diferente da pedra, aço e concreto; é um material combustível, mas isso não significa necessariamente baixa resistência ao fogo; é um material tradicional, que existe em pisos e coberturas de edifícios mais antigos, é paradoxalmente um material novo, adotado em obras arrojadas da arquitetura contemporânea sustentável.

Na construção, as madeiras de eleição são o castanheiro, o carvalho, a noqueira e a cerejeira. Dada a sua qualidade, a madeira dessas espécies é muito valorizada (FERREIRA, 2014).

De acordo com Ferreira (2014) alguns dos casos de aplicação da madeira nos edifícios antigos se dão na seguinte forma apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Aplicação de madeira em edifícios antigos

Parte do edifício	Sistema construtivo
Fundações	Estacaria
Estrutura	Vigamentos, colunas, travamentos
Paredes exteriores e divisórias	Gaiola Taipa
Coberturas	Estrutural (Asnas, madres, barrotes) Revestimento (soletos)
Vãos	Caixilharias (portas e janelas) Gradeamentos

Fonte: Ferreira (2014)

3 CAPITULO 3 - ESTUDO LABORATORIAL

Com o objetivo de caracterizar blocos de terra compactados e argamassa de revestimento à base de cal de edificações antigas da região transmontana, foram feitos ensaios, obedecendo às normas e aos manuais, com adaptações justificadas quando necessário a fim de caracterizar esses materiais para um maior conhecimento dos materiais antigos e auxílio de reprodução destes quando necessária a reabilitação de habitações no território.

3.1 Ensaio realizados em bloco de terra compactada

As variedades de solos são amplas e podem definir como será o desenvolvimento de uma comunidade, afetando desde a agricultura até as técnicas construtivas do local. Ainda mais, os materiais usados nas construções tradicionais eram os encontrados nas proximidades e a terra é uma das mais abrangentes visto o fácil acesso e trabalhabilidade.

Os blocos ensaiados são da região de Trás-os-Montes, mais precisamente na aldeia de Outeiro, no distrito de Bragança, local onde geralmente são encontrados solos do tipo cambissolos. Os blocos são muito irregulares e distintos, como mostrado na Figura 31, por isso, podem surgir resultados isolados muito distintos entre os blocos.



Figura 31 - Blocos de Terra a serem ensaiados

Os ensaios com os blocos de terra foram realizados respeitando as diretrizes portuguesas, quando não possível atender aos requisitos, os ensaios

foram adaptados. Na Tabela 5 são apresentadas as normas utilizadas e seus respectivos ensaios.

Tabela 5 - Normas utilizadas nos ensaios em BTC

Ensaio	Norma	Resultado
Densidade das partículas	NP 83	Determinar o volume dos grãos baseando-se no princípio de Arquimedes
Granulometria	E196	Distribuição das partículas no solo
Equivalente de areia	EN 1097-6	Plasticidade do solo
Limite de liquidez e plasticidade	NP 143	Humidade de transição do solo do estado líquido para o estado plástico e do estado plástico para o estado semissólido
Azul de metileno	NP 933-9	Analisar a presença de argila no solo
Massa volúmica	Adaptado	Definição do volume de uma quantidade de massa de partículas de solo
Ensaio de resistência à compressão	Adaptado	Resistência a compressão

3.1.1 Densidade das partículas

Como já apresentado na Tabela 5, a norma utilizada para a realização desse ensaio foi a NP 83 (CEN, 1965), a qual tem como objetivo a determinação da massa volúmica das partículas inferiores 4,76 mm, tendo seu resultado como o peso de partículas sólidas que ocupam a unidade de volume depois de retirados os vazios. Para a realização do ensaio, são necessários picnómetro, termómetro, peneira de abertura 4,76 mm, cápsula de porcelana, balança e estufa para secagem da amostra.

Em resumo, os procedimentos para a realização do ensaio consistem em obtenção de pelo menos 25 g de material seco e passado pela peneira 4,76 mm de abertura. Como a amostra é argilosa, foi dispersado em água, utilizado um agitador mecânico e o picnómetro de 500 cm³. O ensaio foi realizado com a secagem prévia do provete. Após a secagem do provete na estufa, ele foi transferido para o picnómetro e encheu-se com água. Esperadas 12 horas, foi feita a retirada do ar pelo processo de ebulição e agitação, em seguida o picnómetro deveria atingir a temperatura ambiente para que fosse acrescentada água até o traço de referência, pesado e determinada a temperatura do conjunto.

A Figura 32 apresenta um seguimento do ensaio, em que a amostra é esquentada para a retirada dos vazios, onde é vista uma camada de espuma na parte superior, essa camada indica grande presença de matéria orgânica no material.

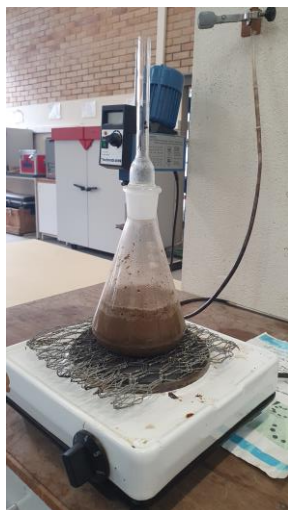


Figura 32 - Ensaio de densidade das partículas ebulição para retirada dos vazios



Figura 33 - Picnômetro depois de atingido a temperatura ambiente e acrescentado água até o traço de referência

3.1.2 Granulometria e sedimentação

Visto que a amostra apresentava muitos finos, a norma adotada para esse ensaio foi a E 196 (LNEC, 1966), uma vez que, além de apresentar os procedimentos para a realização do ensaio de granulometria expõe as diretrizes para o ensaio de sedimentação. A análise granulométrica, assim como o ensaio de sedimentação, tem como objetivo caracterizar a quantidade e a distribuição por dimensão das partículas existentes no solo estudado.

De forma abreviada, os materiais necessários para o ensaio são balança, densímetro, termômetro, proveta, peneiros, estufa, almofariz, pilão, repartidores, cronometro, régua, frasco de lavagem por esguicho, entre outros materiais específicos para o ensaio em questão. O preparo do material é feito de acordo com a norma E 195 (LNEC, 1966). Com as partículas de diâmetros superiores a 0,075 mm, realiza-se a peneiração por diversos peneiros de aberturas decrescentes para a determinação das percentagens de solo retido em cada um deles. Já na parte da amostra passada pelo peneiro de abertura 0,075 mm é empregado o ensaio de sedimentação, o qual se fundamenta na Lei de Stokes para a obter as dimensões

dos finos. As Figuras abaixo (Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38 e Figura 39) apresentam parte do ensaio realizado com o solo a ser estudado.



Figura 34 - Quebra do bloco de terra compactada



Figura 35 - Preparação do material



Figura 36 - Finos presente no solo



Figura 37 - Proveta utilizada no ensaio de sedimentação



Figura 38 - Início do ensaio de sedimentação



Figura 39 - Parte do ensaio de sedimentação

A cor avermelhada no solo pode ser justificada pela presença de óxidos de ferro (CORREA et al., 2008). Além disso, é possível observar na Figura 38 e Figura 39, em que o solo analisado é argiloso, pois se verifica que a água não apresenta

uma aparência “limpa” devido às partículas não sedimentarem por completo. Posto isso o solo se caracteriza por ter poucos poros, ainda mais quando compactado, como é o caso, que apresenta muitos finos, como é comprovado na análise granulométrica.

3.1.3 Equivalente de areia

Esse ensaio tem como objetivo caracterizar a quantidade e a qualidade dos elementos finos no solo em estudo. A norma seguida para a realização do ensaio foi a E 199 (LNEC, 1967).

Em síntese, os materiais necessários para a realização do ensaio são proveta cilíndrica, tubo de lavagem, recipiente, tubo de borracha, pistão de metal inoxidável, agitador, peneiro, funil, balança e régua. Na Figura 40 é exibido o agitador mecânico utilizado para o ensaio, já na Figura 41 a amostra sendo preparada para as leituras.



Figura 40 - Agitador mecânico



Figura 41 - Ensaio do equivalente de areia

O propósito do ensaio corresponde à relação volumétrica por meio da razão entre a altura superior da areia e da altura superior total (suspensão argilosa) da amostra no provete. O cálculo é feito através da seguinte Equação 1.

$$SE = \frac{h_2}{h_1} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

SE é o resultado de equivalente de areia;

h_2 é a distância do nível superior do floculado com a base da proveta;

h_1 é o nível do sedimento.

3.1.4 Limite de liquidez e plasticidade

A norma empregue nestes ensaios foi a NP-143 (CEN, 1969). A amostra apresenta um solo predominantemente argiloso, sendo significativa a realização do ensaio de limite de liquidez e plasticidade. O ensaio é realizado na concha de Casagrande e também utiliza riscador, almofariz, peneiro, cápsula e espátula. O limite de liquidez representa o teor de água na amostra após submetida a 25 pancadas, esse dado é obtido por interpolação no gráfico, o qual relaciona o teor de água com o número de pancadas necessário para que as bordas inferiores de uma fenda aberta no provete se una em uma extensão de 1cm. Parte do ensaio é apresentado nas Figura 42 e Figura 43.



Figura 42 - Concha de Casagrande



Figura 43 - Ensaio de limite de liquidez

A curva que relaciona o teor de água, representado no eixo das ordenadas em escala aritmética, com o número de pancadas, no eixo das abcissas em escala logarítmica.

Para o ensaio de limite de plasticidade, são necessários almofariz, peneiro, placa de vidro e espátula, alguns dos materiais estão expostos na Figura 44. Para a obtenção do limite de plasticidade a amostra é transformada em filamentos cilíndricos, de entorno de 3 mm de diâmetro e calculado seu teor de água quando rompido por meio de rolagem entre a palma da mão e a placa de vidro. Os materiais, após as excussões dos ensaios, são exibidos na Figura 45.



Figura 44 - Materiais usados para o ensaio de limite de liquidez e plasticidade



Figura 45 - Materiais depois de realizado os ensaios

São esses os ensaios necessários para se entender como o material se comporta na presença de água e qual é o teor de água ideal para trabalhar com ele. Ao final dos dois ensaios é calculado o índice de plasticidade a partir da Equação 2.

$$IP = LL - LP \quad (2)$$

Em que:

IP é o índice de plasticidade;

LL é o limite de liquidez;

LP é o limite de plasticidade.

3.1.5 Azul de metileno

A norma portuguesa referente ao ensaio do azul de metileno é a NP EN 933-9 (CEN, 2002). Os equipamentos básicos para a realização do ensaio são a bureta, papel filtro, vara de vidro, agitador de ventoinha (Figura 47), balança, cronómetro, peneiro, gobelé, frasco de vidro, estufa, termómetro, espátula e exsiccador.

O objetivo do ensaio é definir o valor do azul de metileno da fração 0/2 mm em agregados finos. Em princípio é adicionada a solução de azul de metileno a uma suspensão em água da amostra, a adição é feita aos poucos e então acompanha-se a adsorção da solução pelo provete em manchas feitas no papel filtro de modo a detectar o corante livre, como mostrado na Figura 46. Após

aprovada a existência de corante livre, é calculado o peso em gramas de corante adsorvido por quilogramas da porção granulométrica ensaiada.



Figura 46 - Papel filtro resultante do ensaio de azul de metileno



Figura 47 - Processo de ensaio anterior a adição do azul de metileno

O cálculo do azul de metileno é feito a partir da Equação 3.

$$MB = \frac{V_1}{M_1} \times 10 \quad (3)$$

Em que:

MB é o resultado do azul de metileno;

V_1 corresponde a quantidade total de solução corante adicionada em ml;

M_1 é a massa seca do provete de ensaio da fração granulométrica 0/2mm (arredondada aos gramas).

3.1.6 Massa volúmica

A análise de massa volúmica foi feita de forma simbólica, visto que não foi possível submeter as amostras na balança hidrostática, tendo em vista a fragilidade do material em contato com a água. Logo, a análise realizada obteve um caráter mais simbólico do que real, considerando que não foi possível adquirir o volume exato do material.

O experimento se baseou unicamente em obter o volume dos provetes por meio de medições das dimensões com uma régua metálica e a pesagem deles. O cálculo final foi a divisão dos pesos pelo volume das respectivas amostras.

3.1.7 Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão foi adaptado, pois, além de não possuir normas específicas para este caso, as diretrizes normalmente se destinam para blocos de solo cimento, fabricados em laboratório ou os BTC são submetidos à água, discordante do caso em estudo, em que os blocos foram coletados prontos e dissolviam-se em contato com a água.

Algumas das normas em questão são a norma brasileira NBR 8491 (ABNT, 2012), alemã DIN 18945 (NABau, 2013), espanhola UNE 414110 (AENOR, 2008) e a colombiana NTC 5324 (ICONTEC, 2004). Por isso os blocos foram cortados em cubos com faces retas para serem submetidos à prensa, pois possuem faces muito irregulares, não possibilitando a realização do ensaio sem esse procedimento. Na Figura 48 é apresentado o bloco sem ser submetido a nenhuma alteração e na Figura 49 é apresentado um cubo após realizado o corte, necessário para a realização do ensaio.



Figura 48 - Bloco de terra compactada sem alterações



Figura 49 - Blocos cortados para a realização do ensaio de resistência à compressão

3.2 Ensaios realizados em argamassa

Segundo a EMO (EMODICO - DICIONÁRIO TÉCNICO, 2006), a definição de argamassa é uma mistura de um ou mais ligantes, podendo ser tanto orgânicos como inorgânicos, agregados, cargas e aditivos somados ou substituídos por adjuvantes. O uso pode ser desde revestimento até assentamento de blocos, tijolos e azulejos. As argamassas tradicionais são compostas por cal, porém, a partir do século XX houve o aumento do uso de cimento Portland como substituto para esse material. A troca desse material apresenta consequências para o uso em

reabilitação, não compatibilizado com os elementos tradicionais das construções (MENDES, 2017).

As argamassas utilizadas para os ensaios foram coletadas no distrito de Bragança nas freguesias de Santa Maria, Sé e Meixedo e também na região de Gimonde. Na Figura 50 e Figura 51 estão expostos os mapas de coleta do material e de forma mais detalhada pode ser acessado o mapa completo por meio do link encontrado no anexo B -. Não foi possível identificar a idade das construções e se já passaram por alguma reabilitação. Porém, são prédios e construções tradicionais e antigos da região. No total foram 6 (seis) amostras coletadas, 3 (três) em Bragança e as outras 3 (três) em Gimonde. As amostras se organizam de acordo com o mapa, sendo:

- BRAG1: amostra obtida na cidade de Bragança, destacada pela cor laranja no mapa;
- BRAG 3: amostra obtida na cidade de Bragança, destacada pela cor verde no mapa;
- BRAG 4: amostra obtida na cidade de Bragança, destacada pela cor azul no mapa;
- GIM 1: amostra obtida na freguesia de Gimonde, destacada pela cor azul no mapa;
- GIM 2: amostra obtida na freguesia de Gimonde, destacada pela cor laranja no mapa;
- GIM 3: amostra obtida na freguesia de Gimonde, destacada pela cor verde no mapa.

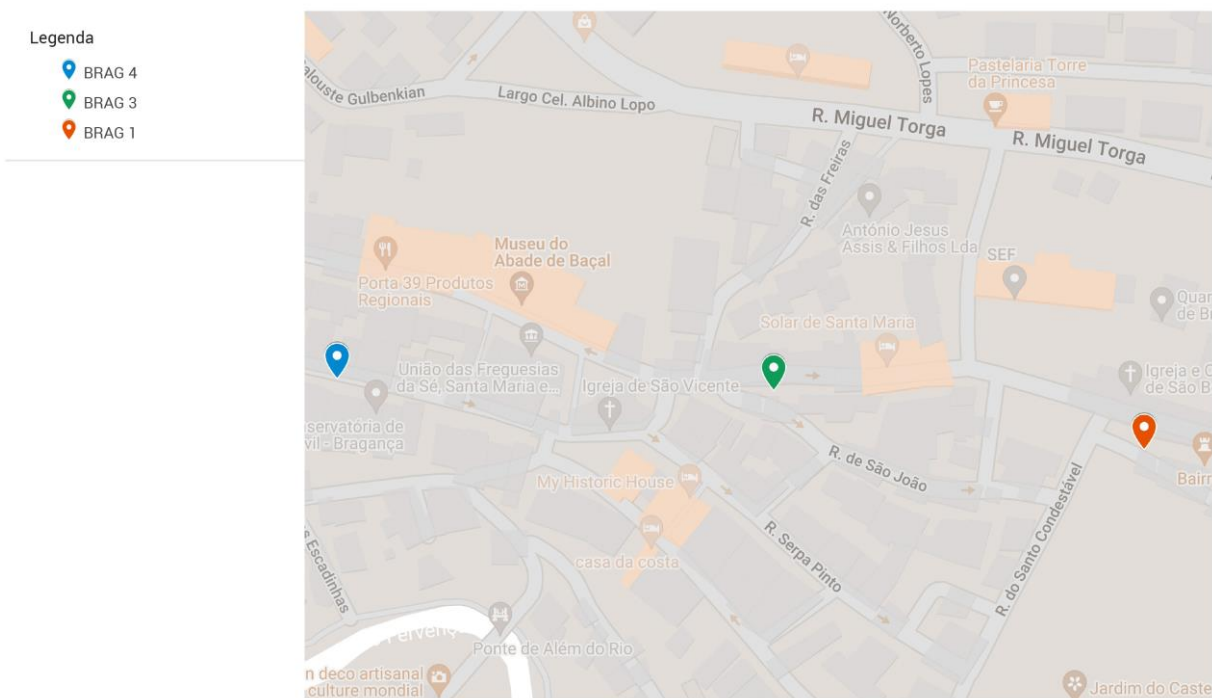


Figura 50 - Locais onde foram retiradas as amostras em Bragança nas freguesias da Sé, Santa Maria e Meixedo

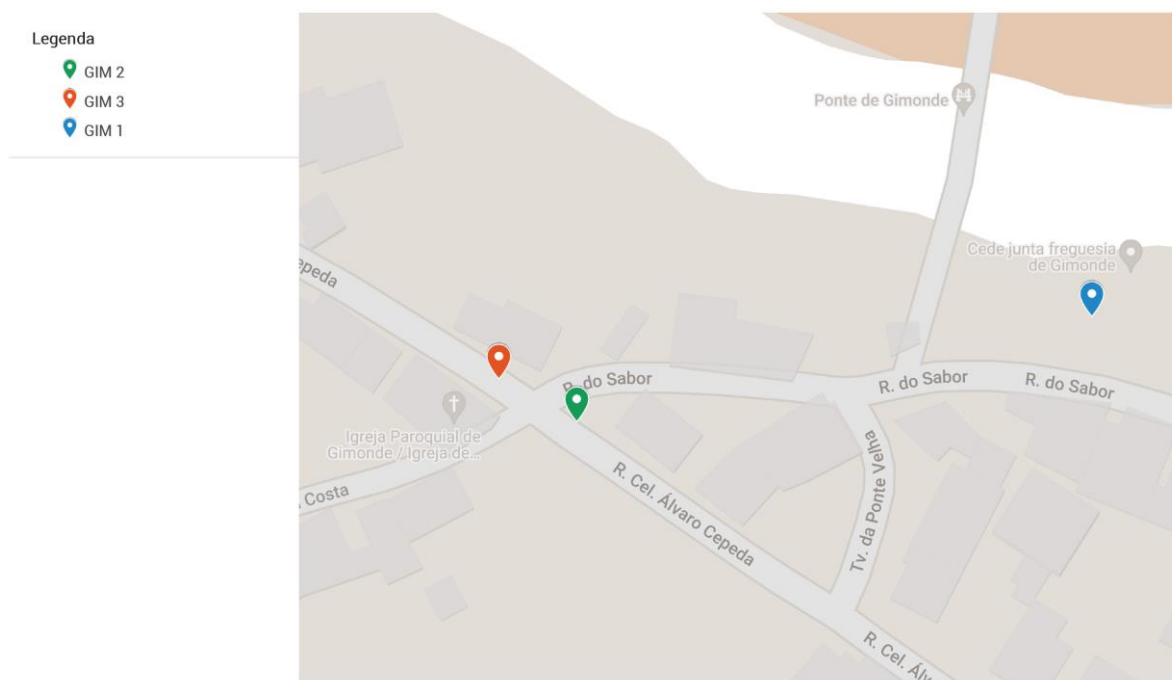


Figura 51 - Locais onde foram retiradas as amostras em Gimonde

A coleta das argamassas apresentou certa dificuldade, visto a idade dos edifícios, logo sendo preciso que fossem retiradas amostras que não

apresentassem perda construtiva ou estética. Um dos exemplos dos edifícios escolhidos está exposto na Figura 52.



Figura 52 – Algumas das amostras retiradas do local nomeado como BRAG 3

O local estava passando por reformas, por isso foi pedido a autorização do responsável e aproveitado para a recolha de algumas das amostras. Além disso, mesmo buscando selecionar as amostras que apresentariam qualidade suficiente para os ensaios nota-se a dificuldade em obter provetes com dimensões regulares.

Os ensaios realizados com as argamassas antigas respeitaram as diretrizes apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Normas utilizadas nos ensaios em argamassas antigas

Ensaio	Norma	Resultado
Análise química por via húmida	A Laboratory Manual for Architectural Conservators (Teutonico, 1988)	Estimar relação aproximada de agregados e ligante
Massa Volúmica	NP EN 1097-6, 2016	
Espectrofotometria de infravermelho	ASTM E 1252	Identificar constituintes orgânicos
Microscopia óptica	-	Determinar constituintes mineralógicos
Absorção de água por capilaridade	FE Pa 40 (LNEC, 2015)	Determinar o coeficiente de absorção
Ensaio de resistência à compressão	FE Pa 42 (LNEC, 2015)	Resistência à compressão

Lembrando que para algumas das análises não foi possível identificar uma norma específica, visto que os materiais analisados não foram produzidos em laboratório, sendo necessário adaptações devido a algumas características das amostras, como idade, dimensões e fragilidade, ou até disponibilidade de equipamentos e materiais nos laboratórios.

3.2.1 Análise química por via húmida

A diretriz para o ensaio está em conformidade com o manual A Laboratory Manual for Architectural Conservator (TEUTONICO, 1988). Neste manual é descrita uma metodologia para a realização da análise química por via húmida. O objetivo da análise é determinar 3 (três) componentes na amostra da argamassa antiga:

- Ligante: compostos por carbonato de cálcio que são solúveis em ácido como parte do ensaio;
- Finos: são as partículas de pequenas dimensões que podem caracterizar a presença de argilas na composição;
- Areia e agregados: apresenta a percentagem em areia existente na amostra.

O ensaio é feito a partir da dissolução da argamassa em uma solução de ácido clorídrico de 14% e verificando as combinações químicas existentes no material. Para a execução do ensaio, são necessários forno, balança, almofariz e

pilão, bquer, funil, garrafa de lavagem, papel filtro, varetas de vidro, lâmpada de aquecimento, conjunto de peneiras, solução de ácido clorídrico a 14%, água deionizada. Nas Figura 53 e Figura 54 são expostos alguns dos processos e materiais de ensaio.



Figura 53 - Alguns dos materiais usados no ensaio de análise húmida

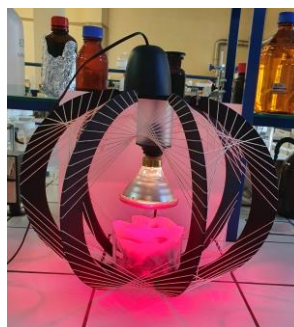


Figura 54 - Suporte utilizado para secar o filtro com os finos

O manual de arquitetura ainda ressalta que, mesmo após a obtenção das proporções desses três componentes, outras questões devem ser levadas em conta quando analisado o desempenho da argamassa quando se pretende replicá-la. Esses incluem a proporção original de água, aglutinante, o método de mistura e aplicação, a secagem e a limpeza e condição dos agregados.

3.2.2 Massa volúmica

As diretrizes para a realização do ensaio foram retiradas da norma portuguesa NP EN 1097-6 (CEN, 2003). Esse ensaio tem como objetivo analisar a massa volúmica das partículas e a absorção de água dos agregados. Os materiais necessários são estufa, balança, termómetro, peneiros, tabuleiros, panos, cronómetro, cesto metálico, balança hidrostática. Parte inicial do ensaio é apresentado na Figura 55.



Figura 55 - Saturação das amostras

Para o cálculo da massa volúmica, é feita a razão entre a massa e o volume da amostra. No ensaio são retirados os pesos do provete saturado com a superfície seca e o provete totalmente seco.

3.2.3 Espectrofotometria de infravermelho

Por meio da radiação eletromagnética na região do infravermelho é possível identificar as ligações covalentes, por absorverem esse tipo de radiação. Lembrando que ligações simétricas não são capazes de absorver esse tipo de radiação (PAVIA et al., 2015). As radiações podem variar de raios X até a ressonância magnética nuclear, como mostrado na Figura 56.

Ligações químicas covalentes são caracterizadas pelo compartilhamento de elétrons na última camada dos átomos. Os elementos em que estas ocorrem são os hidrogénios, ametais e semimetais.

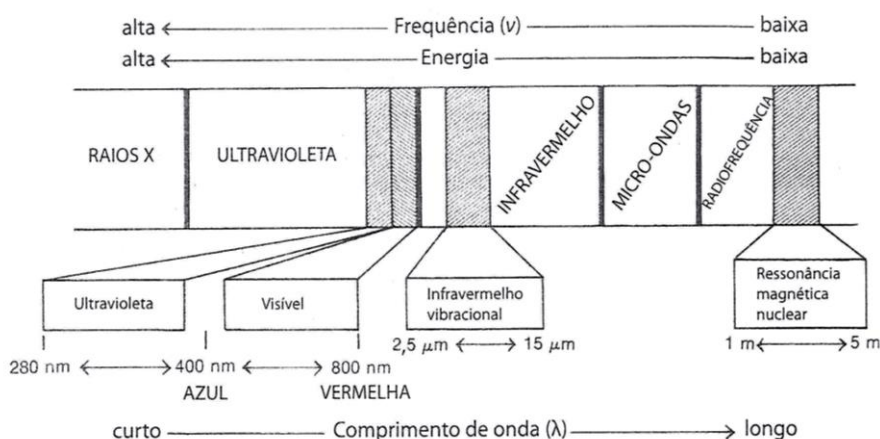


Figura 56 - Outros tipos de radiação em relação ao infravermelho

Percebe-se que a radiação infravermelha está em uma faixa que não é visível para o ser humano, porém, é por meio desta radiação que esse ensaio é feito. De forma simplificada, a amostra foi preparada e colocada no equipamento FT (Fourier Transform), o qual analisa a energia de algumas das ligações existentes no material. Os movimentos mais simples que o ensaio consegue detectar são os de estiramento e deformação, Figura 57.

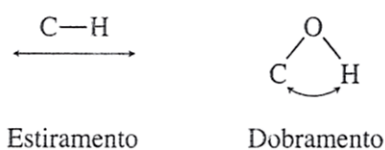


Figura 57 - Movimentos vibracionais analisados na espectrofotometria de infravermelho



Figura 58 - Fourier Transform

Esses arranjos das moléculas dependem das ligações feitas pelas moléculas. Dentro desses dois grupos existem diversos subgrupos mais complexos que também são observados pelo equipamento.

Para a leitura das ligações é preciso identificar onde as moléculas se encontram na faixa de frequência, sendo as de estiramento aproximadamente distribuídas da seguinte forma ilustrada na Figura 59.

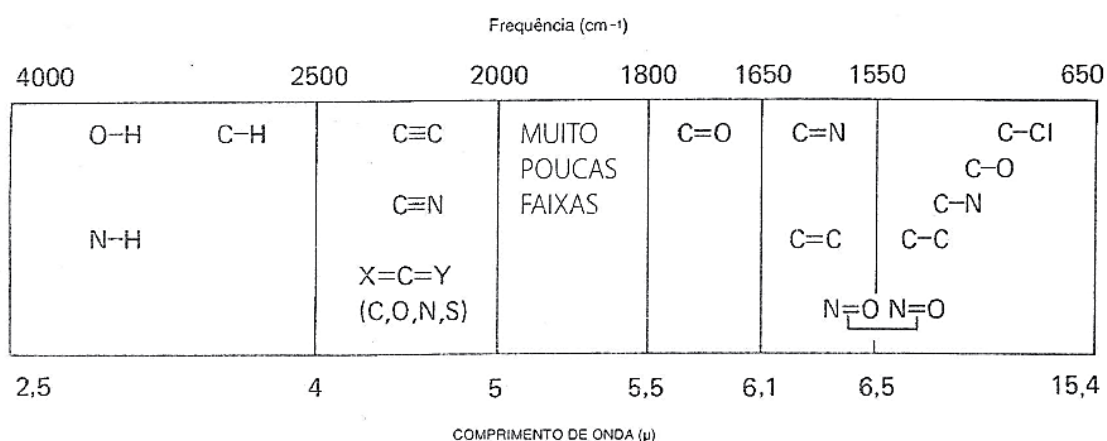


Figura 59 - Faixas aproximadas onde alguns tipos de ligações de estiramento se encontram

Estas frequências são vistas nos gráficos resultantes dos ensaios, e quando nas frequências existem picos há indicação da presença dessas ligações na amostra.

3.2.4 Microscopia óptica simples

A microscopia óptica consiste na incidência de luz sobre uma amostra que tem como resultado imagens que podem chegar até 1000 vezes a realidade. No caso em estudo foram utilizadas imagens 20 vezes ampliadas no microscópio para que fosse possível a identificação do material.

A visualização não foi feita com a amostra preparada em resina, pois era exigido o pedido do material e, conseqüentemente, tempo de espera. Por isso, optou-se pela realização do ensaio com os minerais resultantes do ensaio químico por via húmida, como indicado pelas diretrizes da análise e do material antes de ser modificado por meio do ácido.

Para os casos feitos em resina e transformados em lâminas, recomenda-se o uso do Guia Para Microscopia de Minerais em Laminas Delgadas (RAITH; RAASE; REINHARDT, 2014). Por esse método é possível obter várias informações como a distribuição e dispersão de partículas, fibras, pigmentos, cargas de reforço ou outros aditivos que possuem interações específicas com a luz.

3.2.5 Absorção de água por capilaridade

Como a norma EN 1015-18 (CEN, 2002) não se aplica para o caso de amostras irregulares como o caso em estudo, utilizou-se a ficha de ensaio FE Pa 40 (LNEC, 2015) ,publicada pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil em Lisboa e encontrada no anexo E -, que é destinada especificamente para amostras irregulares e frágeis. O experimento tem como objetivo determinar o coeficiente de absorção, o que representa a velocidade em que a água é absorvida pelos poros do material, chamado de fenómeno de capilaridade (VÁLEK; VEIGA, 2005).

Para o ensaio, são necessários pincel, folha de papel, cesto de rede de arame zincado, tela geotêxtil, tabuleiro de vidro, ripas de vidro, balança digital e régua metálica. Infelizmente não foi possível obter a tela geotêxtil, a qual tem a função de coletar os materiais soltos pela fragilidade do provete. Como a amostra não apresentava uma alta fragilidade, foi possível realizar o ensaio sem grandes perdas.

De forma sucinta, o experimento consiste em submeter a amostra a um nível muito baixo de água na superfície, de forma que a imersão da amostra possa ser considerada desprezível, para que absorva o líquido por capilaridade. Em seguida a massa dos provetes é anotada de tempo em tempo até a estabilização do peso. No final é calculado o coeficiente de absorção pela Equação 4.

$$C_{cc} = \frac{(M_1 - M_0)}{(\sqrt{t_1} - \sqrt{t_0})} \quad (4)$$

Em que:

C_{cc} é o coeficiente de absorção;

t_0 tempo inicial;

t_1 tempo final;

M_0 razão entre a massa de água absorvida por unidade de área no tempo t_0 ;

M_1 razão entre a massa de água absorvida por unidade de área no tempo t_1 .

Os coeficientes mais relevantes são aos 5 (cinco) minutos e entre os tempos 10 e 90 minutos.

Apenas parte das amostras puderam ser analisadas por serem as únicas com três provetes irregulares e com as dimensões mínimas exigidas pela folha de ensaio.

3.2.6 Ensaio de resistência à compressão

Como as amostras foram recolhidas in situ, não é possível garantir que estejam nas dimensões necessárias para o ensaio conforme a norma EN 1015-1 (CEN, 2006) destinada para a análise da resistência de argamassas. Por esse motivo o ensaio foi realizado conforme a ficha de ensaio FE Pa 42 (LNEC, 2015), encontrada no anexo F -, desenvolvido especificamente para amostras irregulares que pode levar o nome de método da argamassa de confinamento. O objetivo desse ensaio é identificar a resistência dos provetes. Para a sua realização, são precisos pincel, folha de papel, craveira, balança, réguas, espátula, pilão de compactação e máquina de ensaios mecânicos.

Como os provetes são irregulares, foi executada uma argamassa cimentícia de traço volumétrico 1:3 (cimento: areia de rio), chamada de argamassa de confinamento, para a aplicação nas faces da amostra a fim de torná-las suficientemente planas. As dimensões das faces não podem ser inferiores a 40mm x 40 mm e a espessura total do provete deve ser o suficiente para que o conjunto simule um cubo. No caso estudado foram feitos provetes com faces de área 60mm x 60 mm e as alturas de aproximadamente 60 mm, não podendo ser exatos pela difícil aplicação da argamassa de confinamento na amostra irregular como nas Figura 60 e Figura 61.



Figura 60 - Provedor para ensaio de compressão em amostras irregulares



Figura 61 - Provedor para ensaio de compressão em amostras irregulares

A análise foi possível apenas em algumas das amostras, pois eram as únicas que possuíam três, ou mais, provedores irregulares com as dimensões mínimas exigidas pela ficha de ensaio. Além disso, foi realizado ensaio com 3 (três) provedores da argamassa utilizada para confinamento, com traço volumétrico 1:3, a fim de comprovar que esta apresentou uma resistência muito maior do que os provedores irregulares.

4 CAPITULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Bloco de terra compactada

4.1.1 Densidade das partículas

O ensaio resultou em uma densidade das partículas de $2,58\text{g/cm}^3$, o que pode caracterizar uma argila. Esse resultado é utilizado nos ensaios de sedimentação e limite de liquidez e plasticidade.

Geralmente os solos brasileiros possuem densidade entre $2,65\text{ g/cm}^3$ e $2,85\text{ g/cm}^3$. Quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, a densidade das partículas tende a diminuir, enquanto o valor do teste tende a aumentar para solos ricos em óxidos de ferro (ALVES; SILVA; SILVA 2021). Desse modo, verifica-se que os sinais de matéria orgânica vistos no meio do ensaio foram confirmados no resultado.

4.1.2 Granulometria e sedimentação

O propósito final do ensaio é gerar o gráfico logarítmico em que o eixo vertical corresponde à percentagem de solo passado em cada peneiro e o eixo horizontal às dimensões das partículas. Logo, permite-se identificar a curva granulométrica, que apresenta a distribuição das partículas no solo.

A curva granulométrica resultante do ensaio realizado com o solo coletado nos blocos de terra compactados é exibida no Gráfico 3.

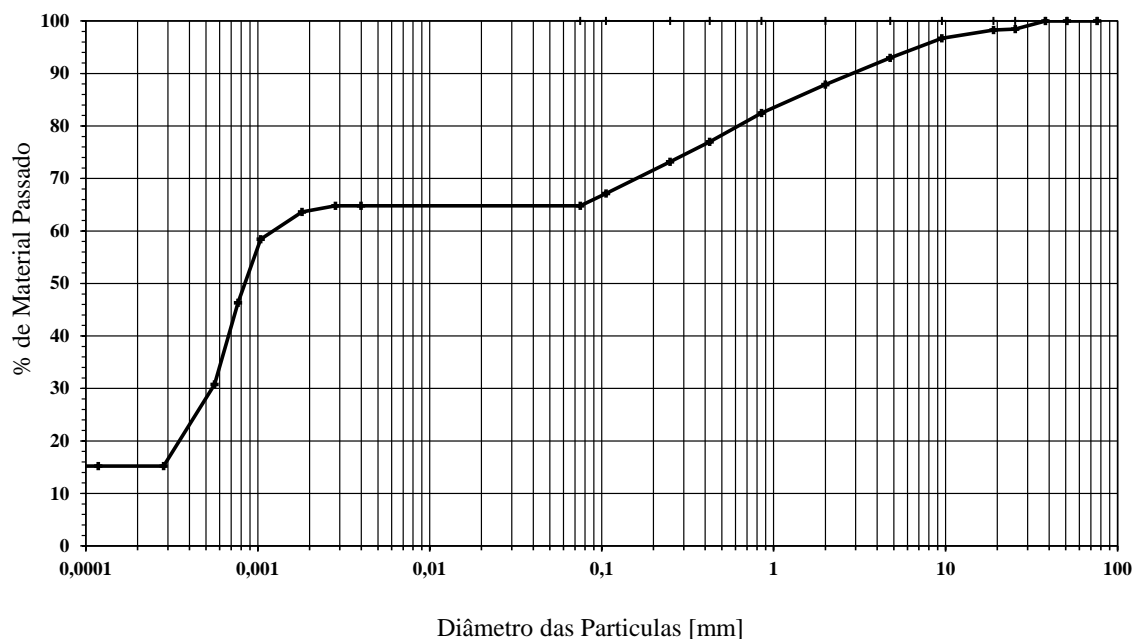


Gráfico 3 - Curva granulométrica resultante

Com os dados obtidos pelo gráfico, é possível ter em torno de 12,1% de seixo no solo (60 a 2mm), 23,1% de areia (2 a 0,06mm), 1,2% de silte (0,06 a 0,002mm) e 63,6 % de argila. Logo, é um solo não uniforme em que a sua maioria é composta por argila e, portanto, possui muitos finos. Além disso, pode-se confirmar no Triângulo de Feret, Figura 62 (a), que o solo é argiloso visto que as quantidades de argila, silte e areia da amostra destacadas na Figura 62 (b) chegaram na área correspondente a argila.

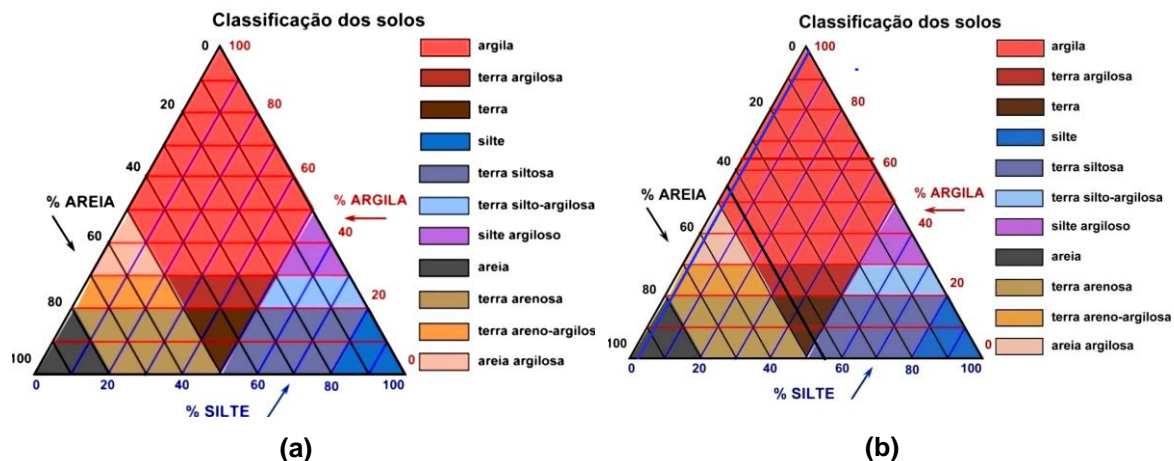


Figura 62 - diagrama de classificação dos solos (Triângulo de Feret)

Esse último método de classificação é mais utilizado para estudo de solos usados na agricultura e costuma-se somar as quantidades dos seixos e areias antes de ser utilizado (ALMEIDA, 2005).

4.1.3 Equivalente de areia

O resultado obtido no solo em estudo foi de 4,8% de equivalente de areia. Uma vez que o resultado pode variar de 0% a 100%, esse é um valor pequeno, sendo compatível com os resultados vistos até então, em que todos indicam um solo argiloso. Esse ensaio não mostrou um resultado muito significativo, visto que o material apresenta muitos finos e é normalmente utilizado em caracterização de agregados miúdos.

Quanto mais perto de 0%, mais argiloso é o solo. Quando esse é menor do que 20%, aconselha-se que sejam realizados ensaios de determinação dos limites de Atterberg como limite de liquidez e plasticidade que foram feitos nesse material (RODRIGUES, 2019).

4.1.4 Limite de liquidez e plasticidade

A curva que relaciona o teor de água, representado no eixo das ordenadas em escala aritmética, com o número de pancadas, no eixo das abcissas em escala logarítmica, está reproduzida no Gráfico 4. Analisando o gráfico, vê-se que o teor de água correspondente a 25 pancadas é próximo de 40%. Foram feitas apenas 3 (três) amostras, pois com estas já foi possível chegar no limite de plasticidade.

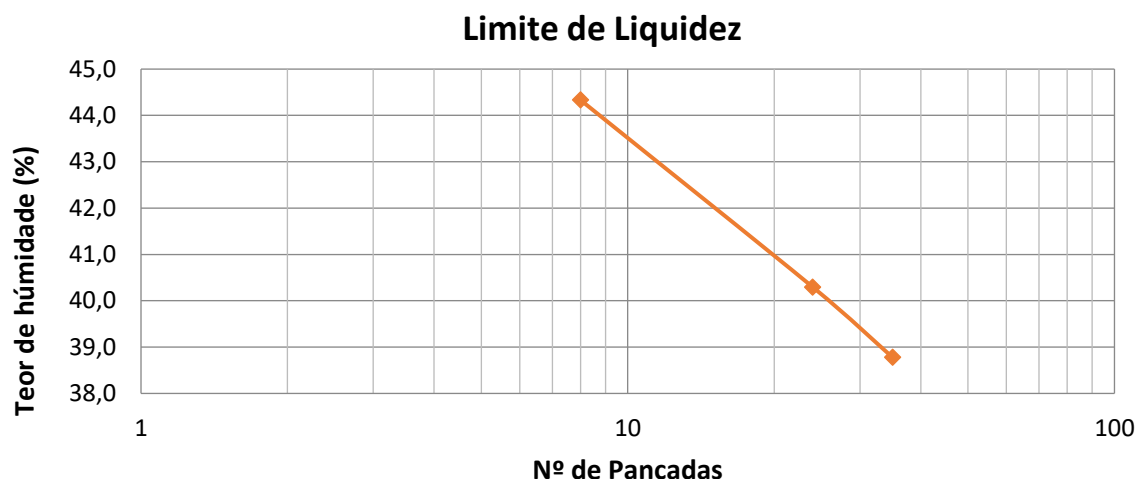


Gráfico 4 - Curva de Limite de Liquidez

O ensaio de limite de plasticidade resultou em um limite de plasticidade de 26,6% e um índice de plasticidade de 13,4%. Esse índice de modo geral está relacionado a solos argilosos, podendo chegar a zero no caso das areias não plásticas (DIRKSEN 2018). Em estudos anteriores, foram desenvolvidas classificações do solo conforme o seu índice de plasticidade apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação em relação ao índice de plasticidade

IP	Descrição
0	Não Plástico
1 - 5	Ligeiramente plástico
5 - 10	Plasticidade baixa
10 - 20	Plasticidade média
20 - 40	Plasticidade alta
> 40	Plasticidade muito alta

Fonte: Dirksen (2018)

Logo, percebe-se que o solo estudado apresenta uma plasticidade média, sendo um material que possibilita ser moldado e possui uma trabalhabilidade condizente com a proposta em que foi utilizado na construção tradicional.

4.1.5 Azul de metileno

O ensaio resultou em um azul de metileno de 7,3, o que condiz com os ensaios anteriores e mostra a presença de muitos finos na material. O papel filtro resultante do ensaio é o mostrado na Figura 46.

Em estudo realizado por Schaeffner, foi desenvolvida a Tabela 8, em que apresenta a Classificação RTR (Recommandation pour les Terrassements Routiers) somado do valor de azul de metileno (FABBRI 1994).

Tabela 8 - Classificação RTR somada do valor de azul de metileno

Classe RTR	Designação	Parâmetros de identificação considerados		Sub-classes		
A	Solos finos	D _{máx} <50mm % # 0,080mm >35%	V _b <2,5		A ₁	
			12<IP<40 ou 2,5<V _b <6	(1)	A ₂	
			25<IP<40 ou 6<V _b <8	(1)	A ₃	
			IP>40 ou V _b >8	(1)	A ₄	
B	Solos arenosos e pedregulhos com finos	D _{máx} <50mm % # 0,080mm >35% V _b >0,1	% # 0,080mm >12%	% # 2mm>70%	V _b <0,2	B ₁
				V _b >0,2	B ₂	
			% # 2mm<70%	V _b <0,2	B ₃	
				V _b >0,2	B ₄	
			% # 0,080mm de 12% a 35%	V _b <1,5		B ₅
				V _b >1,5		B ₆
C	Solos com finos e grossos	D _{máx} <50mm V _b > 0,1	% # 50mm superior 60 a 80%		C ₁	
			% # 50mm inferior 60 a 80%		C ₂	
D	Solos insensíveis à água	% # 0,080mm >12% V _b <0,1	D _{máx} <50mm	% # 2mm>70%	D ₁	
				% # 2mm<70%	D ₂	
			D _{máx} >50mm		D ₃	
(1) Para esses solos, preferível identificação a partir do IP						

Fonte: Fabbri (1994)

Geralmente a classificação RTR é usada para classificar a qualidade do solo para construções rodoviárias, que nesse caso o solo estudado não seria recomendado justamente por ser deformável na presença de água. O solo ensaiado está designado como solo fino e é recomendado que seja feita a sua identificação por meio do índice de plasticidade. O caso dessa análise foi semelhante ao de equivalente de areia, em que apenas se confirmou o que os outros ensaios já verificaram.

4.1.6 Massa volúmica

A massa volúmica média dos provetes obtida foi de 1,34g/cm³. Em outro estudo feito com BTC, porém executado em laboratório em condições controladas, nas misturas sem adição de cimento e em condições laboratoriais com 90 dias de

idade obteve-se uma massa volúmica de 1,74g/ cm³ (SILVA, 2015). Em estudo realizado com blocos de terra compactados com adição de cimento, 5% de cimento Portland, foi obtida uma massa volúmica em condições padronizadas de 1,81 g/cm³ (RIBEIRO; SILVA; FARIA, 2016).

Alguns autores definem que a massa volúmica mínima dos BTC deve ser de aproximadamente 1,6 g/cm³ (FONSECA, 2018). Logo, os resultados não são compatíveis com as referências encontradas. O fato dos blocos antigos apresentarem grande quantidade de matéria orgânica pode ser uns dos motivos de apresentarem um resultado inferior.

4.1.7 Ensaio de resistência à compressão

O resultado do ensaio de resistência à compressão foi de 1,09 MPa.

A resistência de BTC em laboratório avaliada por Silva (2015), nas misturas sem adição de cimento e com 90 dias de idade, obteve-se uma média de 1,77 MPa de resistência (SILVA, 2015). O resultado encontrado por Ribeiro, Silva e Faria (2016) nos blocos de terra compactados com pequena adição de cimento, foi obtida uma média de 1,38MPa de resistência à compressão (RIBEIRO; SILVA; FARIA, 2016). Os resultados análogos à massa volúmica, visto que nas condições ideais os blocos apresentaram um melhor resultado.

Segundo a norma NBR 15270-1 (ABNT, 2017) , que determina as especificações mínimas de blocos cerâmicos, exige-se uma resistência mínima de 1,5MPa. Já as normas estrangeiras a que o ensaio mais se assemelha ao realizado é a UNE 414110 (AENOR, 2008) em que é exigida uma resistência mínima de 1,3MPa.

Os blocos estudados não obtiveram nenhuma das resistências mínimas, porém, deve-se levar em conta que o resultado pode ter mais relação com as condições em que o BTC foi encontrado, do que com a resistência do material em si.

4.2 Argamassas

4.2.1 Análise química por via húmida

Os traços resultantes das argamassas variaram entre 1:2,5 a 1:4, sendo relação em peso e são expostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados da análise química por via húmida

Componentes	BRAG - 1	BRAG - 3	BRAG - 4	GIM - 1	GIM - 2	GIM - 3
% de areia	71,3%	69,4%	68,2%	72,9%	75,0%	74,4%
% dos finos	4,1%	4,3%	3,6%	3,9%	5,1%	5,9%
% de aglutinantes	24,6%	26,2%	28,2%	23,2%	19,9%	19,7%
Traço volumétrico aproximado	1:3	1:2,5	1:2,5	1:3	1:4	1:4

Na Figura 63 é possível identificar que os materiais apresentaram soluções finais diferentes umas das outras, sendo que uma das soluções, de BRAG 1, finais possui aparência transparente e as outras variam a coloração, o que evidencia que os materiais utilizados podem ter origens diferentes.

**Figura 63 - Separação dos finos dos ligantes dissolvidos em ácido**

Os resultados estão condizentes com os encontrados nos estudos principais, sendo esses traços para as argamassas com função de revestimento. Além disso, foi possível obter a granulometria das areias utilizadas para a produção das argamassas, pelo método de peneiração. Os resultados estão apresentados no Gráfico 5.

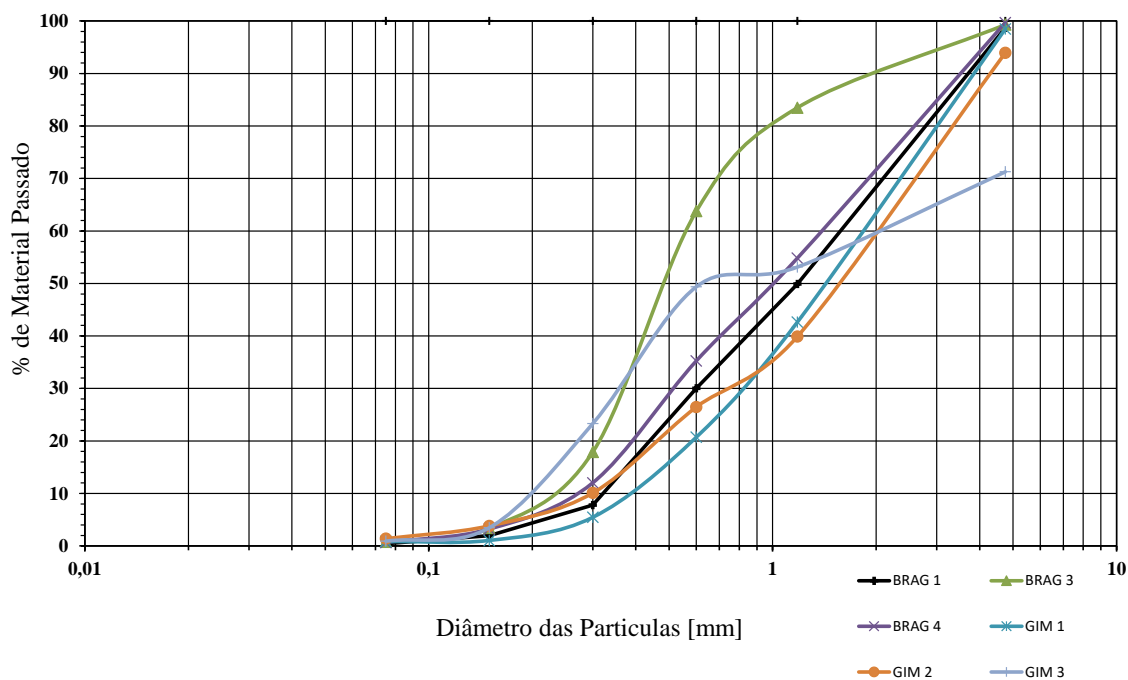


Gráfico 5 - Granulometria da areia utilizada na produção das amostras

Com exceção das amostras BRAG 3 e GIM 3, a granulometria das areias utilizadas na produção das argamassas foi similar e resultou em uma granulometria característica de areias finas. Pode-se confirmar com outro estudo feito para outros fins, porém, que compara a areia fina de argamassas convencionais apresentado no Figura 64 (LIMA; SILVA; FARIA, 2016).

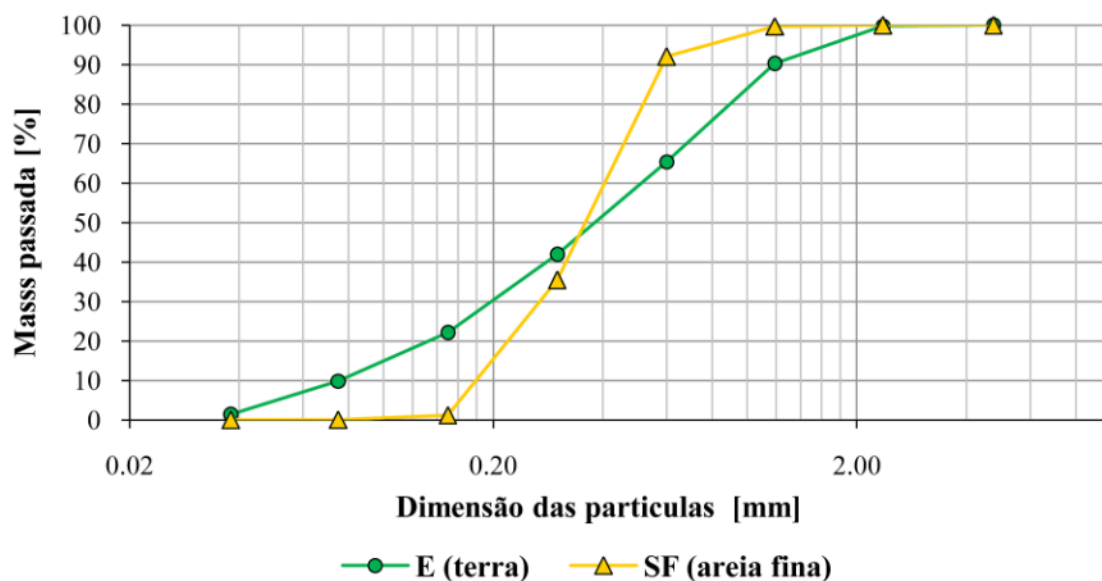


Figura 64 - Granulometria da areia fina convencional

4.2.2 Massa volúmica

Os resultados de massa volúmica estão expostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados do ensaio de massa volúmica

Característica	Unidades	BRAG - 1	BRAG - 3	BRAG - 4	GIM - 1	GIM - 2	GIM - 3
Massa volúmica do material impermeável das partículas	Mg/m ³	2,28	2,43	2,21	2,50	2,40	2,27
Massa volúmica do material das partículas secas em estufa	Mg/m ³	1,66	1,86	1,62	1,90	1,87	1,87
Massa volúmica do material das partículas saturadas com a superfície seca	Mg/m ³	1,93	2,10	1,89	2,14	2,09	2,05
Absorção de água durante 24 horas	%	16,4	12,6	16,5	12,7	11,7	9,3

As argamassas atuais de cimento, cal e areia apresentam uma massa volúmica média de 1,7 a 2 Mg/m³. O resultado desse estudo foi entre 1,66 a 1,90 Mg/m³, logo semelhante ao encontrado em outras argamassas, trazendo confirmação de que estas estão adequadas para as construções.

4.2.3 Espectrofotometria de infravermelho

Os resultados de todas as amostras estão apresentados nas Tabela 11, Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16. Sendo X, eixo das abscissas, a frequência e Y, eixo das ordenadas, a transmitância. Como exemplo é apresentado o gráfico referente a amostra BRAG 1, Figura 65. A partir dos picos encontrados nos gráficos, foi feita a organização dos resultados nas tabelas.

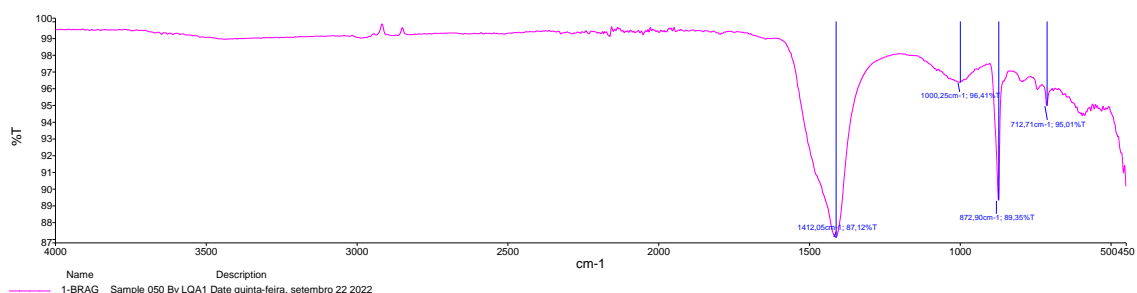


Figura 65 – Gráfico de espectrofotometria de infravermelho resultante da amostra BRAG – 1

Tabela 11 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra BRAG - 1

Número de pico	Altura (%T)	X (cm-1)	Y (%T)	Possíveis ligações
1	-12,88	1412,05	87,12	CH3 (bend)+ CH2(bend)
2	-3,59	1000,25	96,41	C=C-H (out of plane)
3	-10,65	872,9	89,35	C-Cl*
4	-4,99	712,71	95,01	CH2 long-chain (+ do que 4 grupos)

Tabela 12 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra BRAG - 3

Número de pico	Altura (%T)	X (cm-1)	Y (%T)	Possíveis ligações
1	-2,56	3388,41	97,44	O-H
2	-14,8	1408,06	85,2	CH3 (bend)+ CH2(bend)
3	-5,35	1006,3	94,65	C-O
4	-12,8	872,55	87,2	C-Cl*
5	-8,24	531,45	91,76	não interpretável

Tabela 13 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra BRAG - 4

Número de pico	Altura (%T)	X (cm-1)	Y (%T)	Possíveis ligações
1	-1,76	3383,06	98,24	O-H
2	-15,94	1407,87	84,06	CH3 (bend)+ CH2(bend)
3	-5,15	1011,22	94,85	C-O
4	-14,2	872,91	85,8	C-Cl*
5	-7,09	712,51	92,91	CH2 long-chain (+ do que grupos)

Tabela 14 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra GIM - 1

Número de pico	Altura (%T)	X (cm-1)	Y (%T)	Possíveis ligações
1	-8,48	1408,26	91,52	CH3 (bend)+ CH2(bend)
2	-5,49	998,96	94,51	C-O
3	-8,46	873,01	91,54	C-Cl*

Tabela 15 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra GIM - 2

Número de pico	Altura (%T)	X (cm-1)	Y (%T)	Possíveis ligações
1	-7,17	1409,82	92,83	CH3 (bend)+ CH2(bend)
2	-7,72	1009,51	92,28	C-O
3	-8,5	872,88	91,5	C-Cl*
4	-4,92	712,35	95,08	CH2 long-chain (+ do que grupos)

Tabela 16 - Interpretação espectrofotometria de infravermelho da amostra GIM - 3

Número de pico	Altura (%T)	X (cm-1)	Y (%T)	Possíveis ligações	
1	-1,58	1028,39	98,42	C-O	Intensidade não interpretável
2	-3,04	468,63	96,96		Intensidade não interpretável

Nota-se presença de matéria orgânica, pois existem bandas não interpretáveis na região de ligações C – C. Observa-se que a existência de matéria orgânica ocorre em pequenas quantidades, visto a altura (%T), dificultando a interpretação das ligações. Esse contexto está mais intensificado na amostra GIM 3, em que o aspecto obtido não apresenta quase nenhuma matéria orgânica, indicando uma transmitância, Y (%T), máxima superior de 95%, ou seja, possui menos de 5% de matéria orgânica. Em amostras com porcentagens ínfimas de matéria orgânica, estão sujeitas à dificuldade de interpretação por ruídos gerados pelo equipamento.

Todos os resultados apresentados são interpretações de possíveis ligações, não sendo possível assegurar que estão corretos pelo fato da pequena quantidade de matéria orgânica. Os gráficos resultantes do ensaio são encontrados no anexo C - deste documento.

4.2.4 Microscopia óptica

Foram feitas as observações de amostras antes e depois de passarem pelo processo de análise por via húmida, sendo a última a areia encontrada nas argamassas. Na Figura 66 é colocado o exemplo de umas das amostras para a observação da diferença encontrada e o aspecto que estas apresentaram.

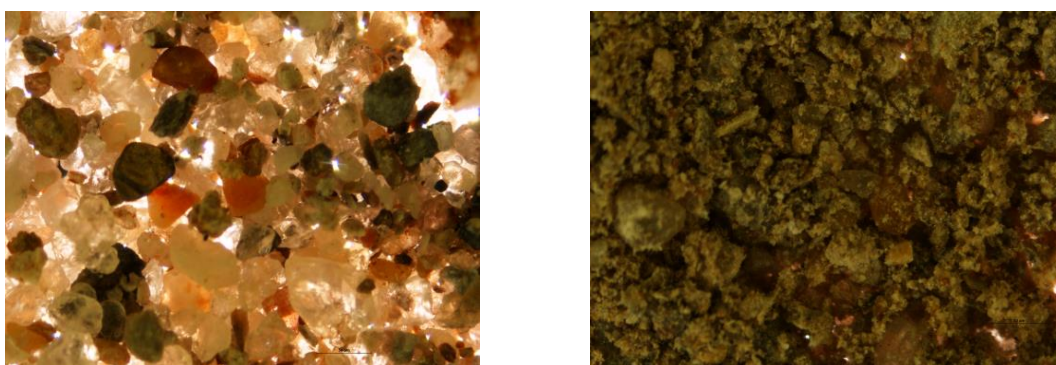


Figura 66 - Amostra GIM 3 antes e depois do ensaio de análise química por via húmida

Foram encontrados indícios de possível presença de quartzo, feldspato, basalto e granito. Podem ser um material mais silicatado, de rochas mais claras, sendo uma areia quartzosa, compatível com as granulometrias encontradas no ensaio de análise química por via húmida. Os resultados são de um diagnóstico com pouca exatidão, visto que são apenas verificações visuais. Para uma análise mais fiel, o ensaio deveria ser realizado com resina, preparadas lâminas das amostras. Todas as imagens obtidas neste ensaio são encontradas no anexo D -.

4.2.5 Absorção de água por capilaridade

Segundo a FE Pa 40 (LNEC, 2015), encontrada no anexo E -, os coeficientes mais importantes são aos 5 (cinco) minutos e entre 10 e 90 minutos. Os resultados são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados ensaio de absorção de água por capilaridade

Amostra	BRAG 3	BRAG 4
Ccc aos 5 min (g/dm ² .min ^{1/2})	11,0	10,7
Ccc entre 10 e 90 min (g/dm ² .min ^{1/2})	0,6	1,00
Classe segundo NBR 13281	C1	C2

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), o coeficiente de capilaridade encontrado o classificaria em C1 para BRAG 3 e C2 para BRAG 4, Tabela 18. Lembrando que, segundo a norma, no caso de o valor estar no intervalo entre duas faixas, deve-se adotar a maior como classificação, e o coeficiente usado para essa determinação é o calculado entre os períodos 10 e 90 minutos.

Tabela 18 - Classificação de argamassas a partir do coeficiente de capilaridade

Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² .min ^{1/2}	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	> 10,0	

Fonte: NBR 13281 (2005)

Em estudo realizado para comparação entre o ensaio normalizado e o realizado conforme a ficha de ensaio Pa 40 (LENC, 2015) em amostras produzidas em laboratório, mostrou-se que as diferenças entre os coeficientes de capilaridades foram significativas, como mostrado na Tabela 19 (VÁLEK; VEIGA, 2005).

Tabela 19 - Características das amostras preparadas em laboratório utilizadas para comparação

Argamassa	Composição		Características após 90 dias					
	Dosagem volumétrica	Constituintes	Densidade (kg/m ³)	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})			Resistência à compressão	
				C90-10 S	Ccc5 NS	C90-10 NS	S	NS
L	01:03	Cal hidratada: areia de rio da região de Lisboa	1780	1,5	1,1	0,7	0,8	1,1
L-CI	1:0,2:2,8	Cal hidratada: argila: areia de rio	1810	1,4	1,2	0,7	0,9	-
Lls	01:03	Cal hidratada: areia bem graduada	1870	1,3	2,7	0,5	1,5	1,3

S: ensaio normalizado; **NS:** ensaio não normalizado (FE 40 (LENC, 2015))

Fonte: Válek e Veiga (2005)

Logo, pode-se dizer que os resultados do ensaio realizado não são os mais reais, tendo em vista a irregularidade das amostras. No entanto, os coeficientes

encontrados aos 5 (cinco) minutos estão mais próximos do esperado e dentro dos requisitos mínimos estabelecidos por Santos e Veiga (2005) em estudo para caracterização de argamassas compatíveis com edifícios antigos (Tabela 1).

4.2.6 Ensaio de compressão

A resistência à compressão de BRAG 3 foi de 4,73 MPa e BRAG 4 foi de 5,28 MPa. Segundo a norma NBR 13281 (ABNT, 2005) a classe de resistência para essas argamassas seria P5, Tabela 20.

Tabela 20 - Classificação de argamassas a partir da resistência a compressão

Classe	Resistência à compressão Mpa	Método de ensaio
P1	≤ 2	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: NBR 13281 (2005)

Logo apresentando uma classe alta de resistência. A resistência também se assemelha aos resultados obtidos por Válek e Veiga (2005) onde os resultados variaram entre 3,7 MPa a 7,3 MPa.

Os resultados foram superiores ao esperado para esse tipo de argamassa. Isso se deve ao método de ensaio, que serve apenas de indicativo e, em geral, obtém resistências superiores às reais (VÁLEK; VEIGA, 2005).

Todavia, como verificação, foi calculada a resistência à compressão da argamassa de confinamento a fim de comprovar que a argamassa antiga foi a que se rompeu. A argamassa de confinamento apresentou 18,13 MPa de resistência à compressão, um resultado bastante superior obtido pela argamassa tradicional. O fenômeno pode ser observado na Figura 67.



Figura 67 - Provetes submetido ao ensaio de resistência à compressão

Na Figura 67 o provete tinha sido submetido ao ensaio de compressão e manifestou rachaduras evidentes na amostra irregular enquanto a argamassa de confinamento se apresentava praticamente intacta. Vistos os resultados obtidos é provável que a argamassa de confinamento influencia o resultado de resistência a compressão dos provetes irregulares.

5 CAPITULO 5 - CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

5.1 Considerações finais

Para que a reabilitação seja feita de forma correta, é necessário um estudo anterior aprofundado sobre as características dos materiais tradicionais. Isso vale tanto para a replicação correta dos materiais quanto para entender se o seu comportamento é compatível para a utilização imposta atualmente.

Os ensaios realizados com os blocos de terra compactada confirmaram grande presença de matéria orgânica no solo, com presença de muitos finos e argiloso. Assim, trouxe evidência de que o solo é compatível com o da região (cambissolos húmicos). Infelizmente, estes não apresentaram um bom desempenho mecânico, porém, isso pode ser consequência da sua idade e conservação, tendo em vista que os BTC produzidos em laboratório e estudados por outros autores apresentaram resultados satisfatórios. As características do solo analisado justificam o uso principal para a técnica construtiva em tabique na região, visto que possui uma plasticidade média e a sua resistência é aproximada com a resistência esperada nesse tipo de construção.

O traço encontrado nas argamassas e nas areias utilizadas para a fabricação possui qualidade suficiente para o uso em construções atuais, ainda mais levando em conta a quantidade pequena de matéria orgânica exibida nos ensaios. O coeficiente de capilaridade foi mais abaixo do esperado e não condiz com o restante dos ensaios, não sendo um resultado que possa ser considerado conclusivo. A resistência mecânica demonstrada pelo material foi, em média, 5MPa, porém, deve-se levar em conta que o método de ensaio não garante resultados exatos, e sim apenas indicativos sobre a qualidade do material.

Em muitos aspectos os resultados obtidos são indícios das características dos materiais estudados, tendo em vista que, por serem materiais coletados de construções antigas e não produzidos em laboratório, não é possível ter certeza quanto à procedência da matéria-prima. Além disso, foi preciso diversas adaptações para a realização dos ensaios, visando sempre a obtenção de resultados mais próximos dos reais.

Este trabalho teve como intenção fomentar o interesse na pesquisa e realização de reabilitações a fim de conservar os edifícios tradicionais, pois é um estudo que vai além dos materiais. É um conhecimento da história e tradição local.

5.2 Trabalhos futuros

Tendo em vista o que foi apresentado neste trabalho, assim como suas limitações e as possibilidades de demais discussões sobre o tema, tem-se como sugestão para trabalhos futuros:

- Realizar ensaios sobre o comportamento dos BTC em situação de intemperismo;
- Realizar testes mecânicos com BTC produzidos em laboratório com solos da região;
- Realizar ensaios sobre o comportamento das argamassas em situação de intemperismo;
- Sendo possível, realizar ensaios químicos mais complexos como difração de raios X, análise térmica – ATD e microscopia óptica mais avançada com o uso de resinas para a fabricação de lâminas analisadas no microscópio;
- Realizar estudo de métodos para caracterização de amostras irregulares para chegar em ensaios mais próximos das características reais dos materiais;
- Realizar estudos a partir da espectrofotometria de infravermelho em argamassas tradicionais de terra.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. C. P. DE. **Caracterização física e classificação dos solos**. [s.l.] Universidade Federal de Juiz de Fora, 2005.
- ALVES, H. J. F. S. **Plataformas associativas, património rural e desenvolvimento local a contribuição do Parque Natural de Montesinho no nordeste transmontano**. [s.l.] Universidade de Salamanca, 2008.
- ALVES, R. E.; SILVA, J. N. B. DA; SILVA, D. L. M. DA. Caracterização De Argilas Utilizadas Na Fabricação De Telhas E Tijolos Em Russas-Ce. **Conapesc**, p. 608–629, 2021.
- ARQUITECTURA D'OURO. *Arquitectura D'ouro*. 2008.
- CARVALHO, J. et al. Estudo Do Material Terra Usado Nas Construções Em Tabique Na Região De Trás-Os-Montes E Alto Douro. **TerraBrasil 2008, Campo Grande, Brasil**, p. 1–8, 2008.
- CERQUEIRA, A. R. M. **Reabilitação de Edifícios Históricos**. [s.l.] Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2018.
- CORREA, M. M. et al. Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1017–1031, 2008.
- DIAS, I. M. **Desenvolvimento e caracterização de argamassas de cal aérea e terra**. [s.l.] Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013.
- DIN 18945. Earth blocks – Terms and definitions, requirements, test method. **NABau: Berlin**, 2013.
- DIRKSEN, S. S. **Caracterização e Classificação de Solos de Bacia do Rio Pirai nas Adjacências da área de Implantação do Campus da UFSC Joinville**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.
- E 195. Preparação por Via Seca de Amostras para Ensaios de Identificação. **Laboratório Nacional de Engenharia Civil**, 1966.
- E 196. Análise Granulométrica. **Laboratório Nacional de Engenharia Civil**, 1966.
- E 199. Ensaio de Equivalente de areia. **Laboratório Nacional de Engenharia Civil**, 1967.
- EMO - “EMODICO - DICIONÁRIO TÉCNICO”. **European Mortar Industry Organization**, 2006.
- EN 1015-1. Methods of test for mortar for masonry - Part 1: Determination of particle size distribution (by sieve analysis). 2006.
- EN 1015-18. Methods of test for mortar for masonry - Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar. 2002.

FABBRI, G. T. P. **Caracterização Da Fração Fina De Solos Tropicais Através Da Adsorção De Azul De Metileno.** [s.l.] Universidade De São Paulo, 1994.

FERREIRA, B. DA M. **Reabilitação de Edifícios nos Centros Urbanos.** [s.l.] Universidade Federal de Ouro Preto, 2019.

FERREIRA, F. As estruturas tradicionais de madeira antes e agora – Análise de alguns exemplos de recuperação. **Seminário Intervir em construções existentes de madeira**, 2014.

FONSECA, H. A. **Solo de São Tomé e Príncipe para construção de Blocos de Terra Compactada.** [s.l.] Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2018.

GOMES, D. D. **Construção sustentável em blocos de terra compactada.** [s.l.] Universidade do Minho, 2012.

GUERRA, C. **O homem faz as casas , as casas fazem o homem!** 3. ed. [s.l.] Parque Natural De Montesinho, 1994.

INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS. Parque Natural de Montesinho. p. 31, [s.d.].

KANAN, M. I. **Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal.** Brasília: [s.n.].

LIMA, J.; SILVA, S.; FARIA, P. **Rebocos de terra: Influência da adição de óleo de linhaça e comparação com rebocos convencionais.** [s.l.: s.n.].

LIMA, P. A. et al. **ARQUITECTURA DE TERRA EM MIRANDELA, RELATOS DE UMA EXPERIÊNCIA EM CURSO Construção 2018 reabilitar e construir de forma sustentável** Porto Universidade do Porto, , 2018.

MAIA, L. R. **Contribuição às construções em terra comprimida e influência no conforto.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2016.

MARTINS, C. M. V. **Caracterização laboratorial de solos - Nova normalização.** [s.l.] Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2018.

MENDES, C. A. DA C. **Análise Comparativa de Argamassa de Cal.** [s.l.] Instituto Politécnico de Tomar, 2017.

NBR 13281. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. **ABNT**, 2005.

NBR 15270-1. Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. **ABNT**, 2017.

NBR 8491. Tijolo de solo-cimento - Requisitos. **ABNT**, 2012.

NP-143. Determinação dos limites de consistência. **Norma Portuguesa Definitiva**, 1969.

NP 83. **Determinação da densidade das pastículas**, 1965.

NP EN 1097-6. Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte

6: Determinação da massa volúmica e da absorção de água. **Norma Portuguesa**, 2003.

NP EN 459-1. **Cal de construção. Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade**, 2011.

NP EN 933-9. Ensaio das Propriedades Geométricas dos Agregados Parte 9: Determinação dos Finos - Ensaio do Azul de Metileno. **Norma Portuguesa**, 2002.

NTC 5324. Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de Ensayo. **ICONTEC**, 2004.

PA 40. Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade para Amostras Irregulares e Friáveis. **Laboratório Nacional de Engenharia Civil**, 2015.

PA 42. Ensaio de Resistência à Compressão para Amostras Irregulares. **Laboratório Nacional de Engenharia Civil**, 2015.

PAVIA, D. L. et al. **Introdução à Espectroscopia**. [s.l.] CENGAGE Learning, 2015.

PEREIRA, P.; ALVES, M. I. C.; PEREIRA, D. Unidades geomorfológicas e “ áreas homogéneas ” no Parque Natural de Montesinho. 2009.

PEREIRA, S. et al. Caracterização de Paredes Tradicionais de Tabique. **Seminário Paredes 2011 Divisórias: Passado, presente e futuro**, p. 25–36, 2011.

RAITH, M. M.; RAASE, P.; REINHARDT, J. **Guia Para Microscopia De Minerais Em Lâminas Delgadas**. [s.l.: s.n.].

RIBEIRO, D.; SILVA, V.; FARIA, P. Caracterização de Blocos de Terra Comprimida. **1º Congresso de Ensaio e Experimentação em Engenharia Civil**, p. 1–8, 2016.

RODRIGUES, T. A. **Caracterização geológico-geotécnica de solos para aplicação em obra de reabilitação de via ferroviária**. [s.l.] Universidade do Porto, 2019.

ROQUE, P. **Regiões de Portugal: entenda suas divisões no mapa**. Disponível em: <<https://www.cultuga.com.br/entenda-as-divisoes-do-mapa-de-portugal/>>. Acesso em: 17 abr. 2022.

SANTOS, A. R.; VEIGA, M. D. R. Argamassas compatíveis para edifícios antigos. 2012.

SILVA, M. F. C. G. DA. **Blocos de terra compactada com e sem materiais cimentícios**. [s.l.] Instituto Superior Técnico, 2015.

TEUTONICO, J. M. **A Laboratory Manual for Architectural Conservators**. [s.l.: s.n.].

UNE 414110. Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. **AENOR**, 2008.

VALE, D. F. **Revestimentos Exteriores Tradicionais na Terra Fria Transmontana**. [s.l.] Universidade do Porto, 2017.

VÁLEK, J.; VEIGA, R. Characterisation of mechanical properties of historic mortars – testing of irregular samples. v. 83, p. 365–374, 2005.

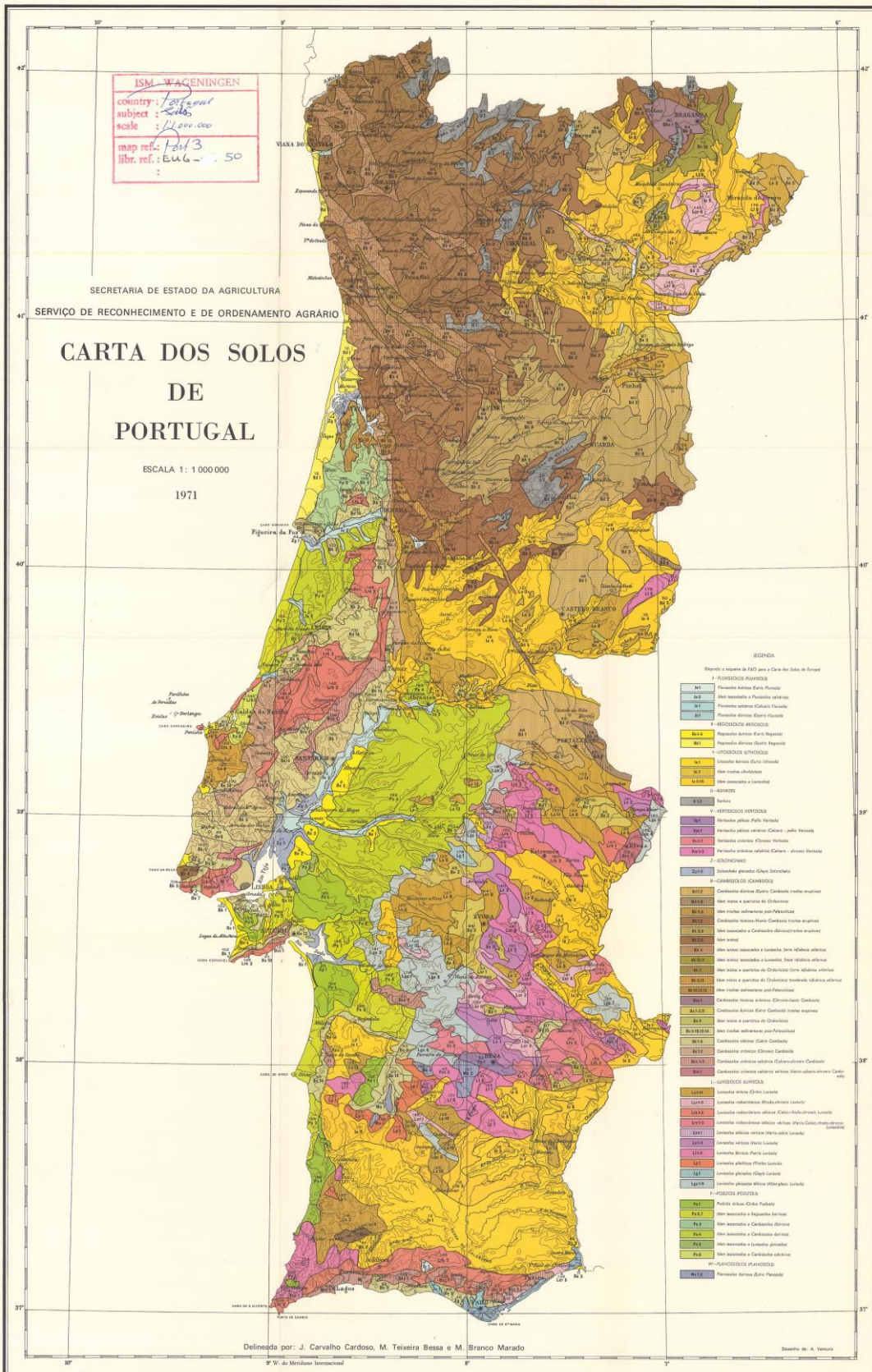
ANEXO A - Carta dos Solos de Portugal

ISM - WAGENINGEN
 country: Portugal
 subject: Soils
 scale: 1:1,000,000
 map ref.: Fol. 3
 libr. ref.: Eu 6 - 50

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA
 SERVIÇO DE RECONHECIMENTO E DE ORDENAMENTO AGRÁRIO

CARTA DOS SOLOS
 DE
 PORTUGAL

ESCALA 1: 1 000 000
 1971



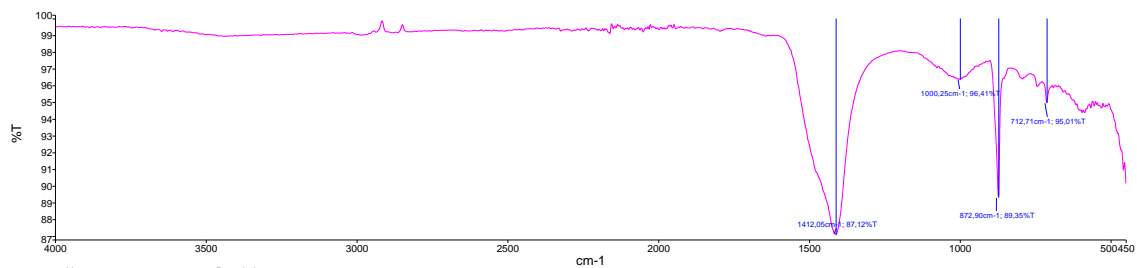
Delimitada por: J. Carvalho Cardoso, M. Teixeira Bessa e M. Branco Marado

Desenho de: A. Ventura

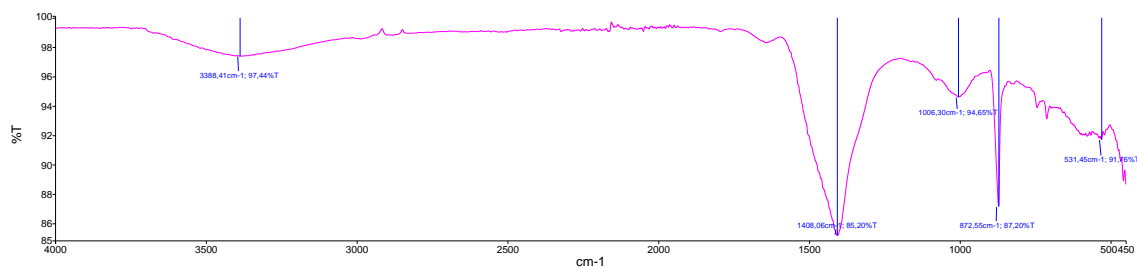
ANEXO B - Link de acesso ao mapa de coleta das amostras de argamassa

https://www.google.com/maps/d/u/1/edit?mid=1zu1c7T_4pM_xZEJL_5w_lrJISYvPxb8&usp=sharing

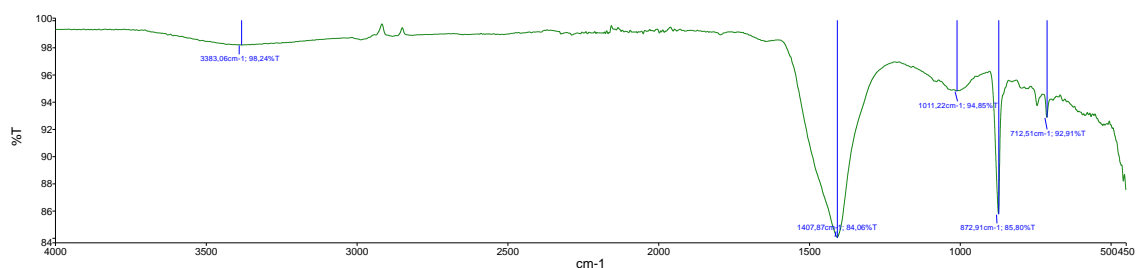
ANEXO C - Gráficos de espectroscopia no infravermelho



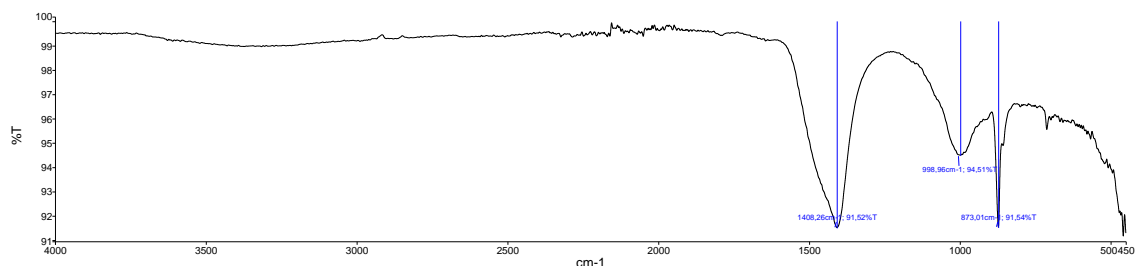
Name Description
1-BRAG Sample 050 By LQA1 Date quinta-feira, setembro 22 2022



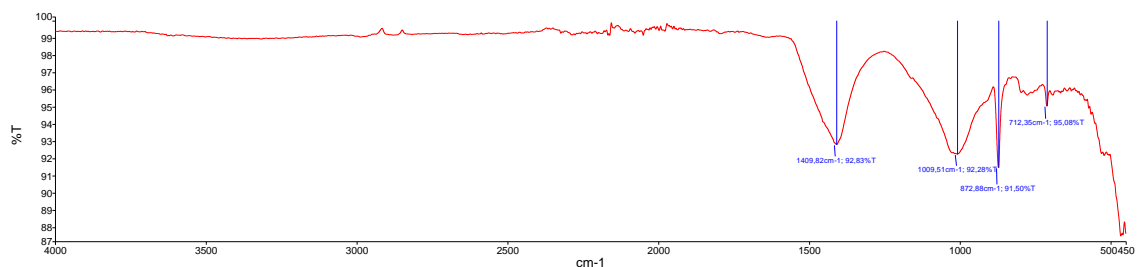
Name Description
3-BRAG Sample 051 By LQA1 Date quinta-feira, setembro 22 2022



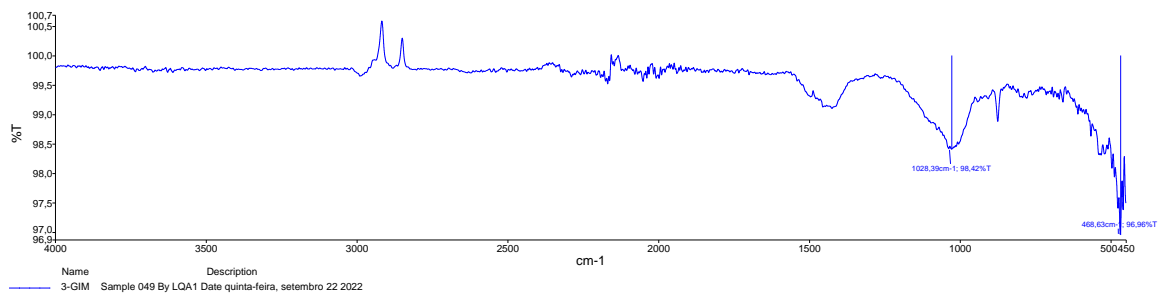
Name Description
4-BRAG Sample 052 By LQA1 Date quinta-feira, setembro 22 2022



Name Description
1-GIM Sample 046 By LQA1 Date quinta-feira, setembro 22 2022

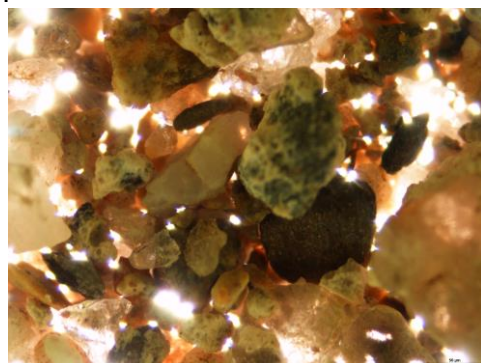
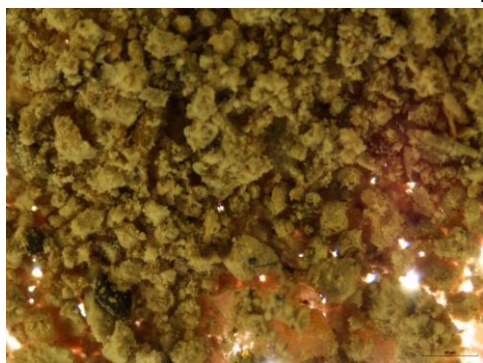


Name Description
2-GIM Sample 048 By LQA1 Date quinta-feira, setembro 22 2022

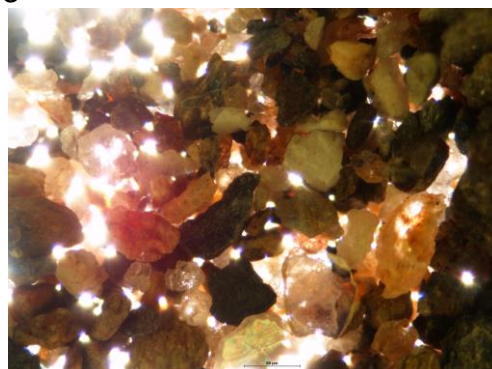
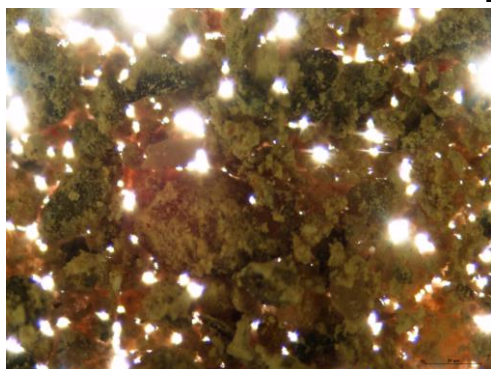


ANEXO D - Imagens microscopia óptica

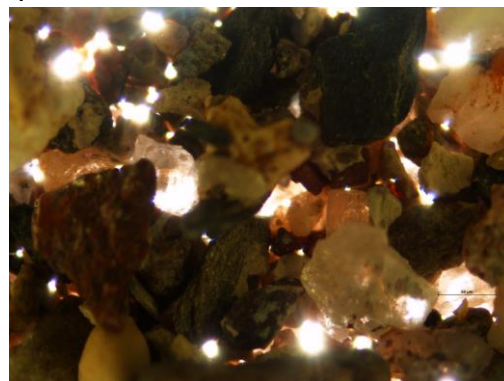
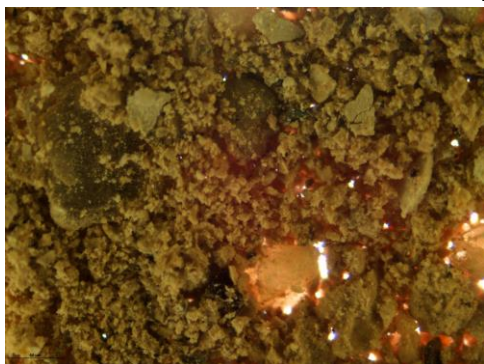
BRAG 1



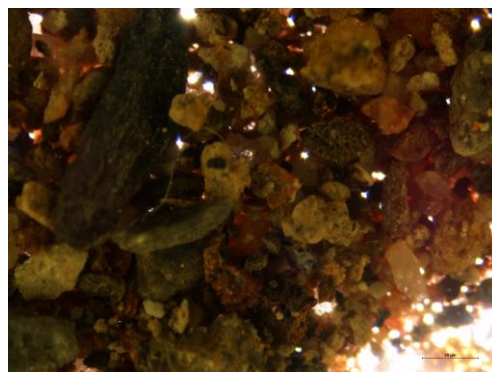
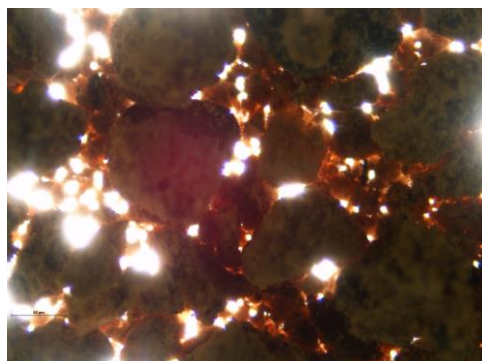
BRAG 3



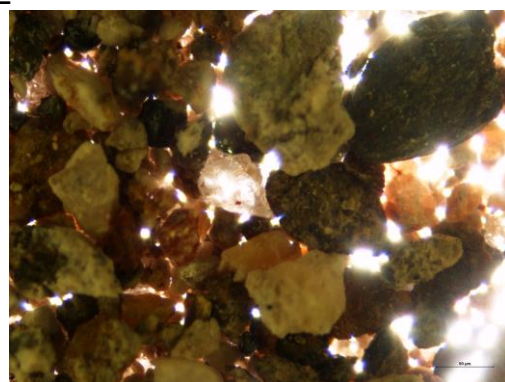
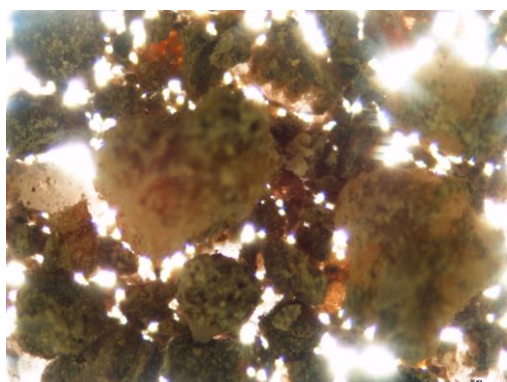
BRAG 4



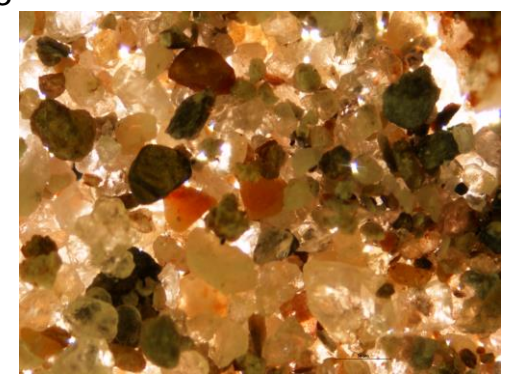
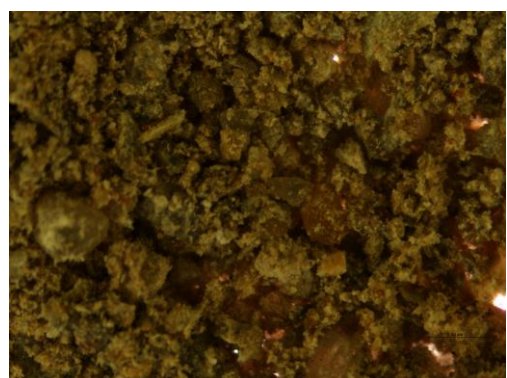
GIM 1



GIM 2



GIM 3



ANEXO E - Ficha de Ensaio Pa 40

MÉTODOS DE ENSAIO DE REVESTIMENTOS DE PAREDES EXISTENTES
Ensaio *in situ* e ensaios em laboratório sobre amostras recolhidas em obra

Pa 40.1

ME – LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - PORTUGAL
DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS – NÚCLEO DE REVESTIMENTOS E ISOLAMENTOS

FE	Pa 40
SfB	(41)Pr4 (42)Pr4
CDU	693.62

FICHA DE ENSAIO

REVESTIMENTOS DE PAREDES

ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE PARA AMOSTRAS
IRREGULARES E FRIÁVEIS

REVESTIMENTO DE PAREDES
REVÊTEMENT DE MUR
WALL COVERING

ABRIL DE 2015

Esta versão da FE Pa 40 anula e substitui a versão anterior, FE Pa 40 de abril de 2005

1 – OBJECTO

A presente Ficha de Ensaio destina-se a fixar o modo de determinar o coeficiente de absorção de água por capilaridade de amostras irregulares e friáveis de argamassas antigas parcialmente solúveis em água.

2 – RESUMO DO PROCESSO

Determinação da água absorvida, por capilaridade, por provetes irregulares e friáveis de argamassas, após decorridos determinados períodos de tempo, nomeadamente: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 60, 90, 180, 300, 480 e 1440 minutos. No caso de amostras muito absorventes, nos primeiros 10 minutos, a determinação da água absorvida deve ser feita minuto a minuto. Caso não haja estabilização da absorção de água aos 1440 minutos (24 h) as medições devem ser prolongadas com periodicidade de 24 h (ou outra que se verifique ser adequada) até massa constante, ou seja, até que a variação de massa seja não superior a 0,2% da massa inicial do provete.

Logo após a estabilização da absorção de água dá-se início ao processo de secagem, com medições periódicas de massa, de novo até massa constante.

3 – APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1 – Pincel;

3.2 – Folha de papel;

3.3 – Cesto de rede de arame zincado;

3.4 – Tela de geotêxtil;

3.5 – Tabuleiro de vidro;

3.6 – Ripas de vidro;

3.7 – Balança digital;

3.8 – Régua metálica.

4 – TÉCNICA

A técnica de ensaio envolve a seguinte sequência de operações [1, 2, 3, 4]:

- Selecionam-se provetes (pelo menos três) de cada uma das amostras de obra e procede-se à sua limpeza com a ajuda de um pincel, de forma a remover as partículas soltas e a colonização biológica menos aderente. Os provetes devem ter, tanto quanto possível, dimensões da mesma ordem de grandeza dos semi-prismas usados nos ensaios normalizados, recomendando-se, assim, provetes com massa próxima de 250 g e relação área/volume da ordem de $6,25 \text{ m}^{-1}$; embora possam ser bastante irregulares, devem ter uma face relativamente plana, que ficará em contacto com a água.
- Regista-se a área da face irregular, mas relativamente plana, que ficará em contacto com a água, numa folha de papel, sobre a qual se coloca o provete para traçar o seu contorno. A área da figura é obtida com recurso a um programa de desenho assistido

Pa 40.2

por computador, ou por outro processo que se verifique adequado.

- Pesa-se: o provete seco; o cesto com a tela e o provete secos; o cesto com a tela húmida (dado que a absorção inicial do material é lenta) e o provete seco.
- Coloca-se o conjunto (cesto + tela húmida + provete seco) no tabuleiro com água sobre duas ripas, de forma a que a tela não desça mais de 2 mm abaixo do nível da água, para que a imersão do provete em água possa considerar-se desprezável – posição que tem de ser mantida durante todo o ensaio.
- Passados 5 minutos faz-se a primeira medição de massa do conjunto. Retira-se o mesmo do tabuleiro, limpa-se ligeiramente à superfície e pesa-se de imediato. Esta operação é repetida de 5 em 5 minutos até aos 40 minutos e depois aos 60, 90, 180, 300, 480 e 1440 minutos e, se necessário, em período posterior. No caso de amostras muito absorventes, a primeira medição de massa do conjunto é efectuada ao fim de 1 minuto e repetida de minuto em minuto até aos 10 minutos, depois os tempos de medição da água absorvida são os atrás referidos.
- O registo da água absorvida é efectuado até à saturação do provete. Considera-se que este está saturado quando atinge massa constante (a diferença entre duas medições com intervalos de 24 horas é inferior a 0,2%).
- Estando o provete saturado, inicia-se a secagem, com medições aos 30, 60, 90, 270, 450, 1440 minutos e depois de 24 em 24 horas, até massa constante [5].

5 – RESULTADOS

Os resultados do ensaio exprimem-se pelos valores da razão entre a massa de água absorvida por unidade de área entre os instantes t_1 e t_0 e a diferença entre as raízes quadradas desses tempos – Coeficiente de capilaridade por contacto:

$$C_{cc} = \frac{(M_1 - M_0)}{(\sqrt{t_1} - \sqrt{t_0})}$$

Em geral os C_{cc} mais relevantes são os calculados aos 5 minutos e entre os períodos de 10 e 90 minutos.

6 – BOLETIM DE ENSAIO

O Boletim de Ensaio deve fazer referência à presente Ficha de Ensaio e incluir ainda a seguinte informação:

- a) designação identificativa da superfície a ensaiar e, se possível, idade de aplicação do revestimento;
- b) descrição das amostras ensaiadas;
- c) informação sobre qualquer alteração eventualmente introduzida na execução do ensaio;
- d) valor da massa inicial, em gramas;
- e) valores individuais da massa de água absorvida, em gramas;
- f) valores individuais da área da superfície de contacto, em mm^2 ;
- g) valores da água absorvida por unidade de área, em kg/m^2 ;
- h) valor do Coeficiente de capilaridade por contacto, em $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{1/2})$, aos 5 minutos e no período entre 10 e 90 minutos;
- i) gráfico da quantidade de água absorvida por unidade de área, em kg/m^2 , em função do tempo, em $\text{min}^{1/2}$;
- j) valores individuais da água desabsorvida por unidade de área, em kg/m^2 ;
- k) gráfico da quantidade de água desabsorvida por unidade de área, em kg/m^2 , em função do tempo, em $\text{min}^{1/2}$.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - VEIGA, Maria do Rosário e JÚNIOR, João J. Rodrigues – Definição de um método de ensaio de absorção de água por capilaridade para amostras de argamassa irregulares e fráveis. Lisboa, LNEC, Junho de 2000. Relatório 140/00 – NCCT.
- 2 - VEIGA, M. Rosário; MAGALHÃES, Ana; BOSILIKOV, Violeta – Capillarity tests on Historic mortar samples extracted from site. Methodology and compared results. Comunicação apresentada à 13th International Masonry Conference, Amsterdam, July 2004.
- 3 - CEN – Methods of test for mortar for masonry – Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar. Brussels: European Committee for Standardization, 2002. – EN 1015-18:2002

MÉTODOS DE ENSAIO DE REVESTIMENTOS DE PAREDES EXISTENTES
Ensaio *in situ* e ensaios em laboratório sobre amostras recolhidas em obra

Pa 40.3

- 4 - CEN – Conservation of cultural property – Tests methods – Determination of water absorption by capillarity. Brussels: European Committee for Standardization, 2009. – EN 15801:2009
- 5 - CEN – Conservation of cultural property – Tests methods – Determination of drying properties. Brussels: European Committee for Standardization, 2013. EN 16322:2013



Fig. 1 – Aspecto geral de um provete colocado sobre o cesto de rede metálica com a tela de geotêxtil utilizados neste ensaio

ANEXO F - Ficha de Ensaio Pa 42

MÉTODOS DE ENSAIO DE REVESTIMENTOS DE PAREDES EXISTENTES
Ensaio *in situ* e ensaios em laboratório sobre amostras recolhidas em obra

Pa 42.1

ME – LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - PORTUGAL
DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS – NÚCLEO DE REVESTIMENTOS E ISOLAMENTOS

FE	Pa 42
SfB	(41)Pr4 (42)Pr4
CDU	693.62

FICHA DE ENSAIO

REVESTIMENTOS DE PAREDES
ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA AMOSTRAS IRREGULARES

REVESTIMENTO DE PAREDES
REVÊTEMENT DE MUR
WALL COVERING

ABRIL DE 2015

Esta versão da FE Pa 42 anula e substitui a versão anterior, FE Pa 42 de outubro de 2009

1 – OBJECTO

A presente Ficha de Ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a resistência à compressão de amostras irregulares de argamassas antigas pelo método da argamassa de confinamento [1, 2, 3].

2 – RESUMO DO PROCESSO

Realização do ensaio de compressão em provetes de amostras irregulares de argamassas antigas utilizando uma máquina de ensaios mecânicos para provetes prismáticos de argamassa de revestimento de paredes.

3 – APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1 – Pincel;
- 3.2 – Folha de papel;
- 3.3 – Craveira;
- 3.4 – Balança digital;
- 3.5 – Réguas de madeira;
- 3.6 – Espátula;
- 3.7 – Pilão de compactação;
- 3.8 – Máquina de ensaios mecânicos.

4 – TÉCNICA

A técnica de ensaio envolve a seguinte sequência de operações [1, 4]:

- Selecionam-se provetes (pelo menos três) de cada uma das amostras de obra e procede-se à sua limpeza com a ajuda de um pincel, de forma a remover as partículas soltas e a colonização biológica menos aderente. Os provetes devem ter, tanto quanto possível, dimensões da mesma ordem de grandeza dos semi-prismas usados nos ensaios normalizados. No entanto, como por vezes isso é difícil, deverá verificar-se que, pelo menos, os provetes deverão ter uma espessura não inferior a 20 mm.
- Regista-se: a área das faces numa folha de papel, sobre a qual se coloca o provete para traçar o seu contorno (a área da figura é obtida com recurso a um programa de desenho assistido por computador ou por outro método considerado adequado); a espessura do provete (deve ser medida em 5 a 10 pontos, consoante a irregularidade do provete). Com estes dados, e a massa do provete, é feito um cálculo aproximado da massa volúmica.
- Para definir uma área regular de aplicação da carga e adaptar a forma do provete à máquina, executa-se uma argamassa de confinamento de cimento, ao traço volumétrico 1:3 (cimento: areia de rio) que se aplica nas faces do provete. Para tal usa-se uma cofragem, para que se consigam executar duas faces planas de cada lado do provete,

MÉTODOS DE ENSAIO DE REVESTIMENTOS DE PAREDES EXISTENTES
Ensaio *in situ* e ensaios em laboratório sobre amostras recolhidas em obra

Pa 42.2

- com dimensões não inferiores a 40 mm x 40 mm e a espessura necessária para que o provete fique, no total, com uma espessura próxima de 40 mm.
- Após um mínimo de 15 dias de cura da argamassa de confinamento, realiza-se o ensaio de compressão.
 - Proceda-se à limpeza dos acessórios da máquina.
 - Coloca-se o provete com a face vertical mais plana de encontro aos marcadores.
 - Aplica-se a carga sem choque.
 - Grava-se e imprime-se o gráfico.

5 – RESULTADOS

Os resultados do ensaio exprimem-se pelos valores obtidos dividindo a carga de rotura aplicada pela área de aplicação (produto das dimensões onde a carga foi aplicada) – Resistência à compressão:

$$S_c = \frac{F}{(b \times d)}$$

Note-se que, no caso da máquina de força do LNEC/URPa, a área de aplicação da força é, em geral, de 40 mm x 40 mm, podendo ser ligeiramente inferior para amostras muito pequenas

6 – BOLETIM DE ENSAIO

O Boletim de Ensaio deve fazer referência à presente Ficha de Ensaio e incluir ainda a seguinte informação:

- a) designação identificativa da superfície a ensaiar e, se possível, idade de aplicação do revestimento;
- b) descrição das amostras ensaiadas;
- c) informação sobre qualquer alteração eventualmente introduzida na execução do ensaio;
- d) valores da massa volúmica (individuais e média), em kg/m³;
- e) valores da força máxima e da força na rotura;
- f) valores da deformação na rotura;
- g) valores da resistência à compressão (individuais e média), em N/mm².

BIBLIOGRAFIA

- 1- VEIGA, Maria do Rosário; MAGALHÃES, Ana – Avaliação da resistência de amostras de argamassas históricas recolhidas em obra. Lisboa, LNEC, Agosto de 2006. Relatório 259/06-NRI.
- 2- MAGALHÃES, Ana; VEIGA, M. Rosário – Physical and mechanical characterisation of ancient mortars, application to the evaluation of the state of conservation. *Materiales de Construcción* 419 (2007).
- 3- VÁLEK, J.; VEIGA, R. – Characterisation of mechanical properties of historic mortars – Testing of irregular samples. *Advances in Architecture Series Volume 20*, pp. 365-374 (2005).
- 4- CEN – Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. Brussels: European Committee for Standardization, 1999. – EN 1015-11:1999



Fig. 1 – Amostras preparadas para ensaio

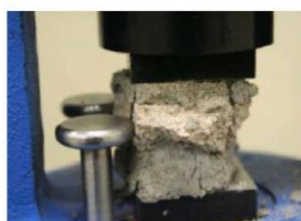


Fig. 2 – Ensaio de resistência à compressão