



UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE
PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO CONTENDO BAGACINAS**

Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho

Licenciado em Engenharia Civil

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Reabilitação do Património Edificado

Orientadora: Maria Helena Povoas Corvacho

Janeiro de 2008

AGRADECIMENTOS

A todos

RESUMO

Os blocos de bagacina são constituídos com escórias vulcânicas e ligante de cimento, concebidos como alvenaria de paredes exteriores e interiores que pretendem cumprir todas as funções de protecção e estrutura. Deste modo, e para garantir um desempenho adequado, é determinante o cumprimento de certas normas que abrangem todas as fases do processo, desde a produção até à respectiva concepção e sua utilização.

A experiência de aplicação de blocos de bagacina nas Ilhas dos Açores não é ainda suficiente para concluir quanto à sua durabilidade comparativamente com os blocos de betão, não se conhecendo a evolução das principais características de desempenho ao longo do tempo.

Com o objectivo de caracterizar e avaliar a durabilidade de produtos de construção contendo bagacinas, como os blocos de bagacina, efectuaram-se algumas campanhas experimentais de ensaios no Laboratório de Física das Construções da FEUP, no CICCOPN e no Laboratório da Betafiel, empresa produtora de blocos de betão.

Tendo como base um produto do mercado, o objectivo passou por caracterizar o tipo de solicitações que mais afectam as propriedades dos blocos de bagacina e de betão, analisando a sua capacidade para continuar a satisfazer as exigências funcionais dos blocos após envelhecimento previamente definido.

O desenvolvimento deste trabalho passou pela avaliação das propriedades dos blocos de bagacina e de betão no estado inicial e após terem sido submetidos a determinados ciclos de envelhecimento artificial acelerado, para posterior comparação.

Com este trabalho pretende-se dar um contributo para o conhecimento do comportamento deste tipo de bloco de bagacina, ao longo do seu envelhecimento, relativamente à sua capacidade de impermeabilização e estabilidade.

Palavras-chave: Blocos de Bagacina, Blocos de betão, Durabilidade, Envelhecimento acelerado, propriedades.

ABSTRACT

The bagacina blocks are constituted with volcanic slag and cement paste, conceived as masonry of exterior and interior walls and responsible for all the protective and structural functions. Thus, in order to assure an adequate performance it is imperative to follow certain rules starting with the production phase until its conception and use.

The experience of application of bagacina blocks in Azores is not long enough to conclude or compare their durability against concrete blocks, as the evolution of the main characteristics of performance throughout the time is still unknown.

With the objective of characterising and evaluate the durability of construction products including bagacinas, as the bagacina blocks, some experimental campaigns were made in the Building Physics Laboratory of FEUP, in the CICCOPN and in the Betafiel's Laboratory, a cinder blocks production company.

Considering these market products, the objective of the research was to characterise the type of actions that have the hardest effect on the properties of bagacina and concrete blocks and to analyse their capacity to continue coping with their functional requirements after a certain period of time, as previously referred.

This research was developed based on the evaluation of bagacina and concrete blocks properties *prior* and *post* artificial aging cycles, enabling posterior comparison.

This work intends to contribute to the knowledge of bagacina blocks behaviour throughout their aging process specifically relating to their stability and waterproofing capacity.

Keywords: Bagacina Blocks, Concrete Blocks; Durability; Accelerated Aging; Properties.

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO CONTENDO BAGACINA

ÍNDICE GERAL

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	REFLEXÕES INICIAIS	1
1.2.	INTERESSE E OBJECTIVOS DO TRABALHO	2
1.3.	ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO	3
2.	DURABILIDADE	5
2.1.	CONCEITOS	5
2.2.	QUANTIFICAÇÃO DA DURABILIDADE	8
2.3.	MÉTODOS PARA ESTIMAR A DURABILIDADE	12
2.4.	ENSAIOS DE ENVELHECIMENTO	15
2.5.	PREVISÃO DA VIDA ÚTIL ATRAVÉS DE ENSAIOS EXPERIMENTAIS	17
2.6.	MARCAÇÃO CE DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO	19
2.6.1.	DIRECTIVA DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO	19
2.6.2.	REQUISITOS ESSENCIAIS DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE	20
2.6.2.1.	RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESTABILIDADE	21
2.6.2.2.	SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS	21
2.6.2.3.	HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE	21
2.6.2.4.	SEGURANÇA PARA O UTILIZADOR	22
2.6.2.5.	PROTECÇÃO CONTRA O RUÍDO	22
2.6.2.6.	ECONOMIA DE ENERGIA E ISOLAMENTO TÉRMICO	22
2.6.3.	ORGANIZAÇÃO	22
2.6.4.	SISTEMAS DE COMPROVAÇÃO DA CONFORMIDADE	25
2.7.	MARCAÇÃO CE DE BLOCOS DE BAGACINA	27
2.7.1.	INFORMAÇÃO A DISPONIBILIZAR EM UMA EMBALAGEM	27
2.7.2.	NORMALIZAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA	28
2.8.	MARCAÇÃO CE / HOMOLOGAÇÃO DO LNEC	29
3.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO DA BAGACINA	32
3.1.	ROCHAS DA ILHA DO PICO	32
3.2.	DESCRIÇÃO DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS	33
3.2.1.	ASPECTO GEOLÓGICO	33
3.2.2.	TIPOS DE ERUPÇÕES E SUA CARACTERIZAÇÃO	36
3.3.	CARACTERIZAÇÃO DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS EM EXPLORAÇÃO NA ILHA DE SÃO MIGUEL	39
3.3.1.	GRANULOMETRIA	41
3.3.2.	RESISTÊNCIA MECÂNICA	41
3.3.3.	ANÁLISE QUÍMICA E MINERALÓGICA	42
3.4.	CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS	43
3.4.1.	AMOSTRAS ESCOLHIDAS PARA ESTUDO	43
3.4.2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ESTUDO LABORATORIAL DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS	44
3.4.2.1.	PLASTICIDADE	44
3.4.2.2.	MASSAS VOLÚMICAS	45
3.4.3.	CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	48
3.4.3.1.	DESGASTE DE LOS ANGELES	48
3.4.3.2.	ESMAGAMENTO	49
3.4.3.3.	GRANULOMETRIA	50
4.	CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS DE BAGACINA	53
4.1.	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO PRODUTO	53
4.1.1.	GENERALIDADES	53

4.1.2.	CONCEPÇÃO E PROJECTO PARA ALVENARIAS	54
4.2.	CONSTITUIÇÃO DO PRODUTO, BLOCOS DE BAGACINA	58
5.	ESTUDO EXPERIMENTAL	65
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO EXPERIMENTAL	65
5.1.1.	OBJECTIVOS E METODOLOGIAS	65
5.1.2.	PROPRIEDADES AVALIADAS	66
5.1.3.	PRODUTOS E SUPORTES DE ENSAIOS	67
5.2.	ANÁLISE E RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS DOS BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO ANTES DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ENVELHECIMENTO	68
5.2.1.	ENSAIOS REALIZADOS EM BLOCOS DE BAGACINA	68
5.2.1.1.	DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA REAL SECA E DA MASSA VOLÚMICA APARENTE DE BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-13:2000]	68
5.2.1.2.	DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES EM BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-16:2002]	71
5.2.1.3.	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DE BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-11:2002]	75
5.2.1.4.	DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE FURAÇÃO EM BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-2:2001]	78
5.2.1.5.	DETERMINAÇÃO DA PLANEZA DAS FACES DE BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-20]	81
5.2.1.6.	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-1]	83
5.2.2.	ENSAIOS REALIZADOS EM BLOCOS DE BETÃO	85
5.2.2.1.	DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA REAL SECA E DA MASSA VOLÚMICA APARENTE SECA EM BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-13]	85
5.2.2.2.	DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES EM BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-16:2002]	87
5.2.2.3.	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DE BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-11:2002]	88
5.2.2.4.	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-1]	90
5.3.	MÉTODO DE ENVELHECIMENTO UTILIZADO	92
5.3.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	92
5.3.2.	ENVELHECIMENTO ACELERADO	93
5.3.2.1.	COMBINAÇÃO DE CICLOS	93
5.3.2.2.	PROCEDIMENTO DE ENVELHECIMENTO DA COMBINAÇÃO DE CICLOS	94
5.3.3.	ENVELHECIMENTO NATURAL	94
5.4.	ANÁLISE E ENSAIOS DOS BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO DEPOIS DO ENVELHECIMENTO ACELERADO	95
5.4.1.	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO APÓS O ENVELHECIMENTO	96
5.4.2.	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO APÓS O ENVELHECIMENTO	99
5.5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS INICIAIS DOS ENSAIOS	103
5.5.1.	DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA REAL SECA E DA MASSA VOLÚMICA APARENTE SECA DE BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO	103
5.5.1.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO	103
5.5.2.	DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO	103
5.5.2.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO	103
5.5.3.	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DE BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO	104
5.5.3.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO	104
5.5.4.	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO	105
5.5.4.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO	105
5.6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS APÓS O ENVELHECIMENTO ACELERADO	106
5.6.1.	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DE BLOCOS PARA ALVENARIA DE BAGACINA E DE BETÃO	106
5.6.1.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS E SUA COMPARAÇÃO	106

5.6.2.	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA EM BLOCOS DE BAGACINA E BETÃO	108
5.6.2.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO	108
5.7.	SÍNTESE CRÍTICA DOS RESULTADOS	109
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
6.1.	CONCLUSÃO	111
6.2.	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	112
	BIBLIOGRAFIA	113
	ANEXOS	117

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO CONTENDO BAGACINA

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.0	Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções	10
Quadro 2.1	Vida útil de projecto sugerida pela ISO 15686 em função da durabilidade do edifício	11
Quadro 2.2	Sistemas de comprovação de conformidade como base para a marcação CE	26
Quadro 2.3	Apresenta as normas europeias em vigor relativas a alvenarias	29
Quadro 3.0	Classificação dos materiais Piroclásticos baseada na dimensão dos fragmentos	35
Quadro 3.1	Ensaio laboratoriais das escórias vulcânicas inventariadas	40
Quadro 3.2	Análise mineralógica de escórias vulcânicas por Difractometria de raios X com radiação K do cobalto	43
Quadro 3.3	Equivalente de areia das 4 escórias vulcânicas	45
Quadro 3.4	Massas volúmicas e absorção de água das 4 escórias vulcânicas analisadas	47
Quadro 3.5	Perdas por desgaste na máquina de LA segundo a especificação E 237 do LNEC e utilizando esferas em todas as granulometrias de ensaio	49
Quadro 3.6	Resultado do ensaio de esmagamento das 4 amostras	50
Quadro 5.0	Características avaliadas nos blocos de bagacina – Ensaio realizado em laboratório	67
Quadro 5.1	Quadro 5.1 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-13 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.	70
Quadro 5.2	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-16/2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	74
Quadro 5.3	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	77
Quadro 5.4	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-2:2001 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	80
Quadro 5.5	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-20 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	83
Quadro 5.6	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	84
Quadro 5.7	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-13 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	86
Quadro 5.8	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-16/2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	87
Quadro 5.9	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	89
Quadro 5.10	Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	91
Quadro 5.11	Combinação de ciclos	94
Quadro 5.12	Ensaio realizado em blocos inteiros de bagacina de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	96
Quadro 5.13	Ensaio realizado em blocos inteiros de betão de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.	98
Quadro 5.14	Ensaio realizado em blocos inteiros de betão de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio	100

Quadro 5.15 Ensaio realizado em blocos inteiros de betão de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO CONTENDO BAGACINA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.0	Informação para Planear a vida útil dos edifícios	6
Figura 2.1	Método de previsão da vida útil segundo ISO 15686 – 2	14
Figura 2.2	Função de desempenho ao longo do tempo hipotética	18
Figura 2.3	Bandas de variação	19
Figura 2.4	Relação entre as exigências essenciais das obras e a marcação CE dos produtos de construção	24
Figura 3.0	Exploração de escórias em cones	38
Figura 3.1	Curvas granulométricas especificadas do ensaio LA e respectivos módulos de finura	48
Figura 4.0	Exemplos de alvenarias	58
Figura 4.1	Extracção de bagaço em monte	59
Figura 4.2	Extracção e crivagem de bagaço em cabeços	60
Figura 4.3	Transporte das bagacinas para a linha de fabrico/central de betonagem	60
Figura 4.4	Colocação das bagacinas na central de fabrico	61
Figura 4.5	Mistura dos agregados de bagaço com o ligante	61
Figura 4.6	Quantidade de agregados para a realização da argamassa	62
Figura 4.7	Mistura de água na amassadura de agregados com o ligante	62
Figura 4.8	Recolha da argamassa e colocação na máquina de fabrico dos blocos	63
Figura 4.9	Fabrico dos blocos	63
Figura 4.10	Armazenamento dos blocos	64
Figura 4.11	Utilização de blocos em diversas obras	64
Figura 5.0	Bloco de Bagacina a ensaiar	67
Figura 5.1	Posição de medida	72
Figura 5.2	Posição de medida	72
Figura 5.3	Posição de medida	73

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO CONTENDO BAGACINA

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.0	Gráfico dos resultados dos ensaios das massas volúmicas	71
Gráfico 5.1	Gráfico dos resultados dos ensaios da determinação das dimensões	75
Gráfico 5.2	Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade	78
Gráfico 5.3	Gráfico dos resultados da determinação da percentagem de furação	81
Gráfico 5.4	Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência à compressão para blocos de bagacina	85
Gráfico 5.5	Gráfico dos resultados dos ensaios da massa volúmica aparente seca para blocos de betão	86
Gráfico 5.6	Gráfico dos resultados dos ensaios da determinação das dimensões para blocos de betão	88
Gráfico 5.7	Gráfico dos resultados dos ensaios da determinação da absorção de água por capilaridade em blocos de betão	90
Gráfico 5.8	Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência á compressão para blocos de betão	92
Gráfico 5.9	Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade para blocos de bagacina	97
Gráfico 5.10	Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade para blocos de betão	99
Gráfico 5.11	Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de bagacina	101
Gráfico 5.12	Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de betão	102
Gráfico 5.13	Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade iniciais entre os blocos de bagacina e de betão	104
Gráfico 5.14	Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de bagacina e de betão	105
Gráfico 5.15	Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade em blocos de bagacina e de betão iniciais e finais	107
Gráfico 5.16	Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de bagacina e de betão iniciais e finais	108

1. INTRODUÇÃO

1.1. REFLEXÕES INICIAIS

Considerando que os edifícios e infra-estruturas assumem grande relevância na riqueza dos países desenvolvidos, importará observar a crescente deterioração do ambiente construído e os danos nos materiais de construção.

A degradação do ambiente construído, e conseqüente desperdício do consumo de energia e materiais, tem vindo a motivar um evidente problema cultural, económico e ambiental num contexto de desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, a necessidade de procedimentos a médio prazo no campo do controlo e da durabilidade dos materiais, componentes, elementos e da própria construção, vem assumindo cada vez mais interesse [1A].

Com o intuito de se salvaguardar o nosso património edificado, estão já a ser desenvolvidos estudos de normalização por parte dos intervenientes envolvidos a nível nacional e internacional.

De facto, e no seu todo, o tema da durabilidade das construções representa um dos sectores estratégicos mais valorizados. Com a entrada em vigor, na Europa, da Directiva dos Produtos da Construção (DPC) [2A], determina-se essa necessidade urgente de normalização no que à durabilidade das construções diz respeito.

Para dar resposta à problemática da durabilidade dos edifícios e infra-estruturas, será necessário seguir parâmetros de previsão da vida útil dos materiais e componentes de construção, tomando conhecimento dos mecanismos de degradação e das curvas de desempenho (ou de degradação) ao longo do tempo.

Reunir o máximo de dados concretos tomados in loco e desenvolver uma análise aprofundada com o intuito de esboçar estratégias particulares de projecto e obra poderá abrir caminho a uma solução efectiva de relevância para a durabilidade dos materiais.

Alguns propósitos poderão ser tomados em conta no âmbito da durabilidade [1]:

- Conhecer e avaliar a vida útil dos materiais, componentes, sistemas e edifícios;
- Delinear estratégias de manutenção e substituição dos elementos de construção;
- Calcular o impacto ambiental e energético das construções ao longo do tempo;
- Estimar custos de manutenção, remodelação ou substituição de materiais ao longo da vida útil dos edifícios ou das suas partes;
- Analisar e diagnosticar dificuldades em grandes parques construídos, na perspectiva da sua gestão;
- Desenvolver projectos e obra, com vista a uma maior qualidade das construções.

1.2. INTERESSE E OBJECTIVOS DO TRABALHO

Sendo a falta de conhecimento e a implementação de funções aproximadas de degradação, as dificuldades aplicadas à durabilidade e vida útil, é de extrema importância considerar modelos de degradação que representem com fiabilidade o comportamento do elemento ao longo do tempo.

Estes modelos baseados na análise dos mecanismos de degradação, recorrendo a ajustadas inspecções periódicas e modelações teóricas ou a ensaios laboratoriais e de campo, permitirão estimar a vida útil do elemento em causa e solucionar manifestos problemas de deterioração.

Tendo como base um estudo e ensaios experimentais, alinharam-se como principais objectivos:

- Recorrer a ensaios de envelhecimento artificial acelerado, analisando a probabilidade de degradação para certas características de desempenho;
- Comparar e avaliar o desempenho inicial e após o envelhecimento e suas características com alguns agentes fundamentais de degradação atmosféricos;
- Analisar a capacidade dos blocos de bagacina, após envelhecimento prévio, para satisfazer os requisitos particulares da durabilidade das paredes.

Pretende-se, deste modo, dar um contributo para o conhecimento relativo à durabilidade dos blocos de bagacina e avaliar características de desempenho relacionadas com a impermeabilização e sua estabilidade.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO

No capítulo primeiro, apresenta-se o tema da durabilidade e sua pertinência no contexto da construção. Descrevem-se os interesses principais e mencionam-se objectivos a alcançar com o estudo realizado.

No capítulo segundo, aborda-se o conceito da durabilidade, explanando métodos usados para a previsão da vida útil dos edifícios, elementos e materiais de construção, fazendo o enquadramento normativo. Ainda neste parágrafo explicitam-se metodologias marcação CE dos produtos de construção, partindo de um enquadramento geral dos blocos de bagacina, são destacadas as medidas que devem ser tomadas para uma apropriada selecção do produto e respectivo modo de execução, distinguindo-se as condições gerais e particulares de aplicação, com vista a uma apresentação exaustiva do sistema de construção em causa

No capítulo terceiro, são discutidas as características principais de desempenho dos blocos de bagacina, particularidades das escórias vulcânicas importando a sua funcionalidade e

solicitações, a metodologia de avaliação e os seus valores limite. Do mesmo modo, abre-se exposição relativamente às anomalias que poderão ocorrer com maior frequência e apontam-se algumas condicionantes que intervêm na durabilidade dos blocos de bagacina, como são caso a concepção/projecto e o serviço/manutenção.

No capítulo quarto, elabora-se a caracterização geral do produto blocos de bagacina, concepção e sua evolução no processo de projectar e nos projectos execução de alvenarias. Ainda no decorrer deste capítulo, explica-se o processo de construção dos blocos de bagacina.

No capítulo quinto, documenta-se o estudo experimental elaborado, descrevendo os métodos de envelhecimento utilizados, onde se ilustra o envelhecimento artificial acelerado e o envelhecimento natural, e os métodos de ensaio de caracterização em laboratório, registando os ensaios de determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca, determinação das dimensões, determinação da absorção de água por capilaridade e taxa de absorção, determinação da percentagem de furação, determinação da planeza das faces e resistência à compressão dos elementos. De todos se arquivam os resultados colhidos juntamente com um parecer crítico.

No capítulo sexto, são publicadas as considerações finais do estudo em assunto, assim como sumariados os resultados, e procura-se dar seguimento para futuros desenvolvimentos na investigação dos blocos de bagacina.

2. DURABILIDADE

2.1. CONCEITOS

Concebendo a durabilidade da construção como a capacidade de um edifício, ou partes dele, de cumprir as suas funções num determinado momento segundo determinadas condições de serviço, impõe-se que a sua análise se apoie num conhecimento rigoroso das propriedades dos materiais e componentes de construção e dos ambientes a que se encontram sujeitos.

Num passado recente, eram reconhecidas soluções construtivas tradicionais para garantir a durabilidade das construções. Hoje, a questão da durabilidade reveste-se de outra importância, pelo que o aparecimento de novos materiais no mercado e tecnologias inovadoras originou não só um desconhecimento em relação à variação no tempo do desempenho das novas soluções, mas também uma maior preocupação com problemas ambientais. Urge, assim, garantir uma adequada utilização dos recursos existentes [2].

No círculo da durabilidade, critérios relacionados com o comportamento dos materiais, e sua interação com o ambiente, com os mecanismos de degradação e, igualmente, com o conhecimento de metodologias adequadas e eficazes afiguram-se como indispensáveis nos procedimentos inaugurais de projecto.

É necessário um leque de informação de fonte variada para analisar e planear a vida útil de um edifício. Neste seguimento, surge a Norma ISO 15686 [1A] que apresenta uma metodologia para planeamento da vida útil de um edifício.

A figura seguinte, retirada da parte 1 desta norma, e adaptada, resume a valência do tipo de informação e organização para o estudo da vida útil dos edifícios, fazendo menção também a outras partes da referida norma e de outras relacionadas.

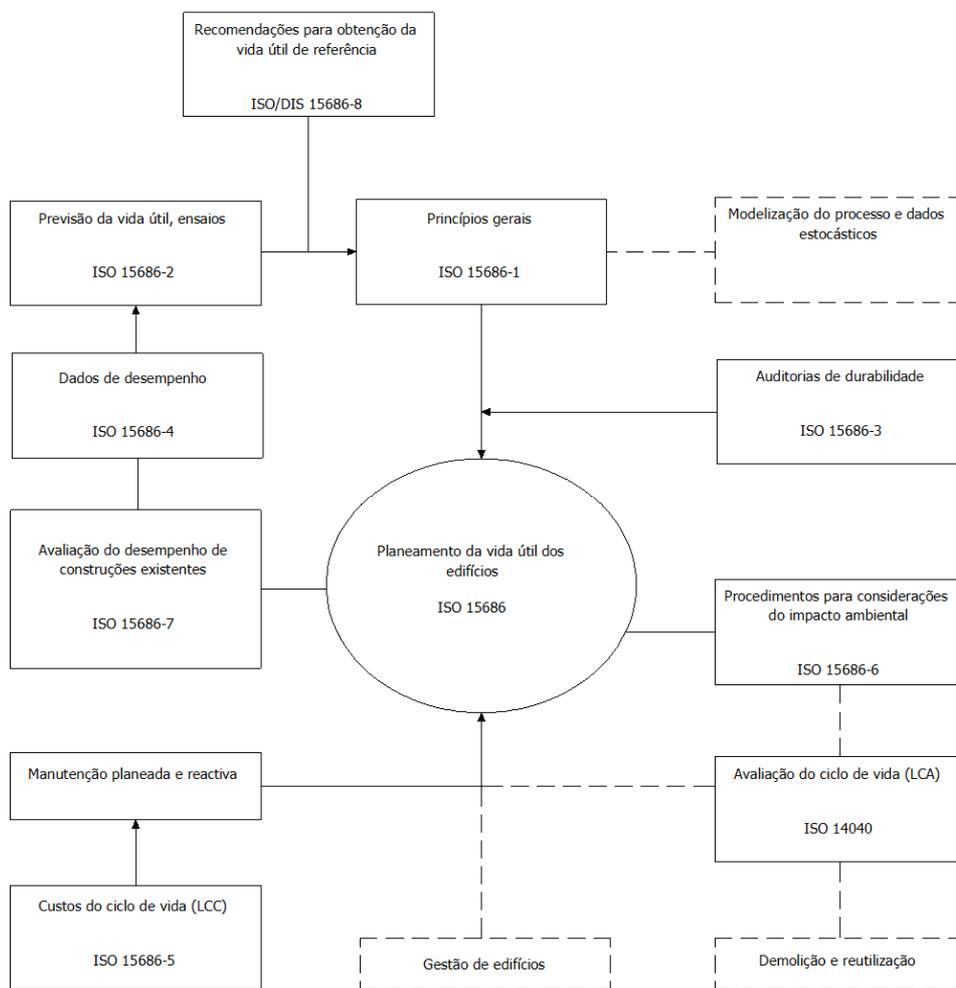


Figura 2.0 – Informação para Planear a vida útil dos edifícios [1A].

Neste tema são definidos diferentes normas e documentos normativos [1A, 3A, 4A, 8]. Pela sua pertinência, porém, incidir-se-á com mais detalhe neste trabalho sobre a Norma Internacional [1A].

Algumas definições:

Durabilidade é entendida como a capacidade de uma estrutura ou partes da mesma de executar as suas funções durante um determinado período de tempo, sob a acção dos

agentes presentes em serviço. Será pertinente mencionar que a durabilidade não está directamente relacionada com o produto ou componentes, antes será uma especificidade que depende das condições a que está sujeito em funcionamento.

Vida útil entende-se por vida útil de um edifício ou parte dele o intervalo de tempo, a partir da conclusão da construção, durante o qual é excedido o desempenho que lhe foi exigido, mediante manutenção regular.

Vida útil de referência define-se como a vida útil que servirá de base para estimativa da vida útil de um edifício ou parte de um edifício.

Vida útil estimada é o resultado da multiplicação da vida útil de referência por factores relativos a um contexto específico, por exemplo, as características do projecto, condições ambientais, o uso ou a manutenção esperada.

Vida útil prevista após tratamentos de dados de desempenho ao longo do tempo, através de modelos do processo de degradação ou de ensaios de envelhecimento, conclui-se a previsão da vida útil de uma construção.

Ensaio de envelhecimento é a combinação entre a exposição do envelhecimento e uma avaliação de desempenho, permitindo prever a vida útil de um edifício.

Avaliação de desempenho é utilizada para investigar as alterações que ocorrem nas propriedades críticas, tendo por base medições ou inspecções periódicas.

Degradação é a variação crescente da composição, microestrutura e características de um material ou componente que causa limitação no seu desempenho.

Agente de degradação é o agente que actua sobre uma estrutura ou parte dela, perturbando o seu bom funcionamento.

Mecanismo de degradação é o que configura a alteração física, química ou mecânica, provocando efeitos negativos em propriedades críticas de produtos de construção.

Desempenho de serviço é a capacidade de um edifício cumprir a sua função em condições de serviço.

Desempenho exigido ou critério de desempenho é o desempenho a nível quantitativo ou qualitativo que se pretende que uma determinada propriedade crítica possua.

Desempenho ao longo do tempo é a descrição da variação de uma propriedade crítica ao longo do tempo, sob actividade dos agentes de degradação.

Mediante tais conceitos, poder-se-á concluir a conveniência em estudar as características dos produtos, materiais ou componentes que mais condicionam o seu desempenho e em analisar as propriedades críticas e seus graus de desempenho.

2.2. QUANTIFICAÇÃO DA DURABILIDADE

A vida útil de um determinado material, componente, sistema, produto ou edifício, é o período de serviço durante o qual as suas propriedades respondem positivamente ou excedem os mínimos aceitáveis para o seu funcionamento adequado, numa conjuntura de manutenção efectiva. Representa, igualmente, o tempo de uso pleno ou previsto até que se manifestem falhas que condicionem a resposta que lhe foi imposta.

A ambiguidade deste conceito da definição de níveis mínimos aceitáveis de desempenho para o período de serviço do elemento depende do critério de quem avalia a situação e do respectivo contexto social, económico, político, estético, ambiental ou normativo.

Na perspectiva de GASPAR [1], três factores essenciais fundamentam o final da vida útil de um elemento. São eles a obsolescência funcional ou de imagem; o desempenho económico; e a vida útil física, genericamente entendida por durabilidade.

Quando enunciamos o conceito da Vida Funcional, referimo-nos ao período de tempo durante o qual uma construção permite a sua plena utilização, sem que esta esteja obrigada a alterações de qualquer teor, independentemente do fim a que está sujeita [3,4].

No que concerne à Vida Útil Económica, importará considerar custos relacionados com a exploração do edifício, decorrentes de investimentos associados à manutenção, com o intuito de obter uma maior longevidade desse edifício e que fique adiada a obsolescência técnica e funcional dos seus componentes e sistemas [5]. Analisando custos e proveitos associados a uma qualquer obra, ver-se-á favorecida a avaliação do seu desempenho económico.

Deste modo, a vida útil de uma construção é o período de tempo decorrido até à substituição por outra construção ou actividade mais rentável ou enquanto o propósito inicial da construção sustentar uma relação custo/benefício inferior às alternativas que surgem.

Quanto à Vida Útil Física, compreendida como a durabilidade de uma construção, é o intervalo de tempo em que o edifício corresponde às exigências de serviço que lhe são colocadas, numa base estável de custo/benefício, produzindo o menor impacto ambiental possível [6].

A vida útil de um edifício nem sempre é limitada pela sua durabilidade física. Estimando a vida útil física pode-se determinar o valor indicativo do limite máximo do seu período de serviço, o que será fundamental para a planificação e optimização das acções de manutenção com vista à minimização dos respectivos custos.

No contexto da durabilidade pretendida para os edifícios, surgem recomendações, em documentos normativos, de vida útil para os elementos e produtos de construção, tendo em conta pressupostos de facilitação na reparação e/ou substituição.

A EOTA (European Organization for Technical Approvals), no Guia GD002 [3A], propõe valores de durabilidade prevista para as construções e seus produtos, em função da durabilidade assumida para os elementos onde serão utilizados.

Quadro 2.0 – Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções [3A].

Durabilidade das construções ou partes de uma construção		Durabilidade dos produtos das construções		
Classe	Anos	Categoria (Anos)		
		Reparáveis ou de fácil substituição	Reparáveis ou substituíveis com mais algum esforço	Para toda a vida da construção *
Pequena	10	10	10	10
Média	25	10	25	25
Normal	50	10	25	50
Longa	100	10	25	100

* Situações em que não são reparáveis ou substituíveis

Este documento menciona a necessidade de se estudar as características de determinado produto, pois não se deverá decifrar a durabilidade de um artigo como uma garantia absoluta do produtor, mas antes como uma referência para o produto mais adequado ao que se pretende. A selecção apropriada de um produto deve ter em conta uma expectativa economicamente razoável para a vida útil do edifício ou parte dele.

Os valores mínimos recomendáveis para a durabilidade dos edifícios e seus componentes são apresentados, igualmente, na Norma ISO 15686-1 [1A], tendo por base a necessidade de manutenção e a possibilidade de serem indicados valores mais reduzidos de durabilidade (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Vida útil de projecto sugerida pela ISO 15686 em função da durabilidade do edifício.

Durabilidade do edifício	Elementos estruturais ou sem acesso	Elementos cuja substituição é onerosa	Elementos facilmente substituíveis	Serviços
Ilimitada	Ilimitada	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

Usualmente, a vida útil dos elementos estruturais de um edifício presume-se análogo à vida útil global, enquanto se espere que esta seja imitada em longevidade pela primeira, e isto admitindo uma manutenção continuada. Assim, compreende-se a inevitabilidade de restaurar de alguns componentes durante a fase de serviço. Neste sentido, assume particular destaque a fase de projecto no que diz respeito à análise da durabilidade, momento em que se poderá antecipar indicadores de degradação e definir tempos de substituição. Todavia, são escassos os padrões de deterioração para a maioria dos sistemas, apenas sendo possível estimar tempos de vida útil por comparação com anteriores experiências de aplicação, situação que dificulta a determinação da vida útil de referência para os elementos de construção [7].

A relação da previsão da durabilidade com o tipo de níveis de desempenho e intervenções programadas, tendo em conta a exposição aos agentes de degradação, é fundamental para clarificar o conceito de durabilidade de determinado material ou componente de

construção, na intenção de confrontar diferentes soluções e perceber a interpretação de uma antevisão de durabilidade.

2.3. MÉTODOS PARA ESTIMAR A DURABILIDADE

Compreendendo a durabilidade, ou vida útil física, como sendo a duração proporcionada de determinado elemento, compete antever características do material e do seu grau de deterioração, de acordo com algumas propriedades mensuráveis, as quais servirão de indicadores de degradação.

Usualmente, o tipo de degradação designado pela exposição a determinado agente de degradação, ou de desempenho, ao longo do tempo (performance – over - time) é calculado com base em funções de teor/resposta (dose - response) das propriedades dos elementos.

Existem, entre outros, os Métodos Determinísticos, os Métodos Probabilísticos ou os Métodos de Engenharia que se aplicam no processo de previsão de vida útil dos elementos.

No que aos Métodos Determinísticos diz respeito, aqueles a que está mais atenta a comunidade científica, a vida útil é estimada com base numa referência de durabilidade facultada, por exemplo, pelo fabricante. Se necessário, essa referência será alterada segundo condições específicas para obter o indicador da durabilidade do elemento medido.

Quanto aos Métodos Probabilísticos, geralmente fundamentados num cálculo matricial ou probabilístico, empregam-se em situações de esclarecimento da probabilidade de ocorrência de transformações no estado de um elemento, pretendendo desta maneira superar a indeterminação relacionada pela forma de degradação e pela imprevisibilidade das respectivas condições de serviço.

Já os Métodos de Engenharia se alicerçam em métodos mais elementares (determinísticos), reconhecendo a variabilidade ligada à incerteza do mundo real.

Na classe dos métodos determinísticos, aparece o Método Factorial como o mais proclamado entre os cientistas, pela sua aplicação prática e distinta operacionalidade, permitindo adaptar valores esperados, em função das condições específicas de determinada construção.

Este método serviu como base á preparação da norma ISO 15686-2 [5A], em que se preconiza um método de previsão de vida útil para obtenção do valor padrão a ser ponderado na aplicação do método factorial.

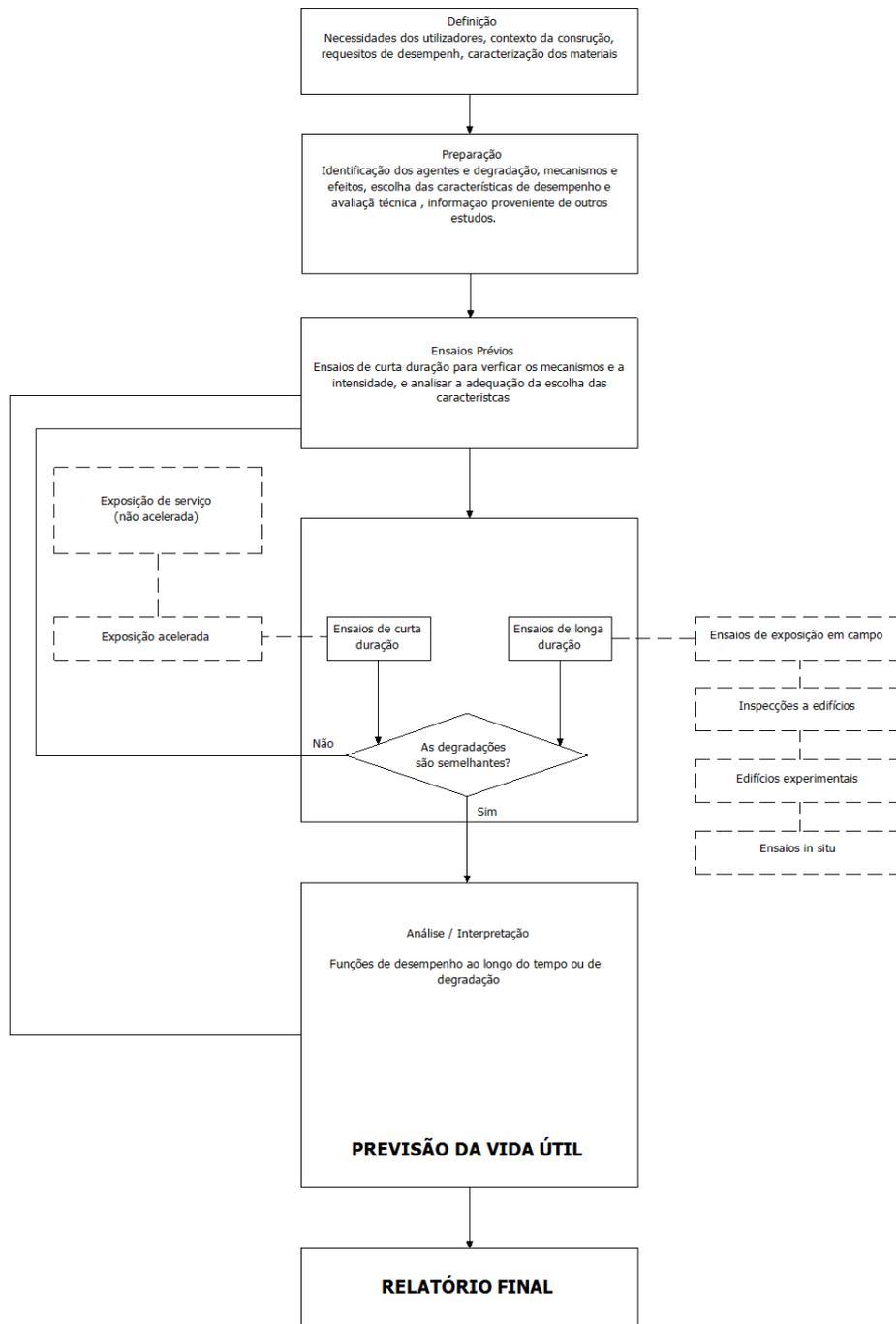


Figura 2.1 – Método de previsão da vida útil segundo ISO 15686 – 2 [5].

2.4. ENSAIOS DE ENVELHECIMENTO

Será possível colher resultados consideráveis na previsão da vida útil de determinado produto de construção através de ensaios eficazes de curta duração, acelerados ou não, de longa duração ou naturais.

Deverá considerar-se a morosidade dos ensaios de longa duração como uma desvantagem no processo de envelhecimento e ter em conta que a implementação dos ensaios de envelhecimento acelerado tem como finalidade a obtenção rápida de uma previsão, porém a sua correlação com o ritmo natural nunca é fácil.

Sendo que os ensaios de longa duração, em condições de serviço, possibilitam conferir a precisão dos resultados de envelhecimento acelerado, poderemos afirmar que o ideal é a combinação dos dois tipos de ensaios.

Segundo a norma ISO 15686-2 [5A], os meios para se alcançar dados de envelhecimento a longo prazo dos elementos, componentes e materiais de construção são os seguintes:

- Ensaios de campo;
- Ensaios de longa duração in situ (condições de serviço);
- Ensaios em edifícios experimentais;
- Inspeção de edifícios.

Quando se utilizam **ensaios de campo**, é de extrema importância registrar as condições ambientais durante o ensaio, tal como os efeitos dessas condições, pois os elementos a serem avaliados estão expostos ao ambiente natural para envelhecimento, sendo os resultados especificamente relacionados a uma determinada localização e a um determinado período de tempo.

Os ensaios realizados mediante processo de exposição natural, nem sempre fornecem resultados sobre o desempenho dos materiais num período suficientemente curto de

tempo, porquanto a acção dos agentes de degradação do meio ambiente produz efeitos a longo prazo.

Mais se tomará em conta que não se poderá presumir uma interdependência directa entre as variações observadas em situação de laboratório e as variações assistidas em campo, pois alguns agentes de degradação reagem de um modo sinérgico no meio ambiente.

Se a degradação esperada de um qualquer componente for determinada pelo uso, os **ensaios de longa duração in situ** assumem particular interesse, pois a vida útil do componente é avaliada mediante as suas condições normais de utilização.

Os edifícios experimentais estão especificamente habilitados para experimentar materiais e componentes expostos a condições monitorizadas e inspeccionadas. Assim, os **ensaios em edifícios experimentais** fornecem dados relevantes acerca da degradação dos produtos ensaiados, permitindo reflectir sobre a fiabilidade das informações.

Quanto à **inspecção de edifícios**, para se obter o maior número de dados, e conseqüente tratamento estatístico de resultados obtidos, no estudo deverá ser incluído o maior número de edifícios inspeccionados. Contudo, os dados facilitados pela inspecção dos edifícios poderão ser limitados pela ausência de informação sobre a biografia do edifício e pela dificuldade em caracterizar com precisão as condições ambientais do mesmo.

Perante o envelhecimento acelerado, normalmente são utilizadas simulações das condições naturais de envelhecimento, apenas apressando factores, sendo o método mais ajustado aquele que depende da natureza e uso desejado do produto.

Como métodos de envelhecimento acelerado podemos aplicar os seguintes [4A]:

- Exposição artificial às condições atmosféricas;
- Envelhecimento por calor;
- Ciclos de gelo/degelo;

- Exposição para avaliar a resistência à água;
- Exposição para avaliar a resistência química.

Pretende-se essencialmente, com este trabalho, estudar ensaios de envelhecimento artificial acelerado, tendo sido experimentados um dos procedimentos desse modelo de envelhecimento. No procedimento estudado, pretende-se combinar ciclos de aquecimento /congelação e humidificação/congelação. A descrição destas experiências de envelhecimento é apresentada em detalhe no capítulo mais adiante.

Embora o tempo de trabalho se anuncie bastante reduzido, não poderemos esquecer os ensaios de envelhecimento natural de longa duração, normalmente desenvolvidos em uma estação de envelhecimento natural com o intuito de se realizar ensaios in situ.

Para que seja possível estabelecer correlações entre comportamento de material sujeito a ciclos de envelhecimento acelerado submetidos em laboratórios (ensaios de curta duração) e o envelhecimento natural em condições normais de serviços, é necessário realizar ensaios in situ (ensaios de longa duração) [4A].

Como este ensaio tem um tempo previsto muito longo e a previsão destes resultados poderão não ser concludentes, foi colocado de lado a realização do mesmo, concentramo-nos nos restantes ensaios laboratoriais.

2.5. PREVISÃO DA VIDA ÚTIL ATRAVÉS DE ENSAIOS EXPERIMENTAIS

Os ensaios experimentais de uma construção ou seus elementos, considerando diferentes graus de envelhecimento, possibilitam, por norma, deliberar sobre as funções de desempenho ao longo do tempo.

É através da confluência da curva de desempenho com os requisitos de desempenho reclamados que se estabelece a vida útil de um material de acordo com as condições de exposição em análise.

A variedade de características críticas de comportamento de cada solução construtiva poderá condicionar a vida útil física de uma solução, sendo que uma será fundamental mediante certas condições de exposição (figura 2.2).

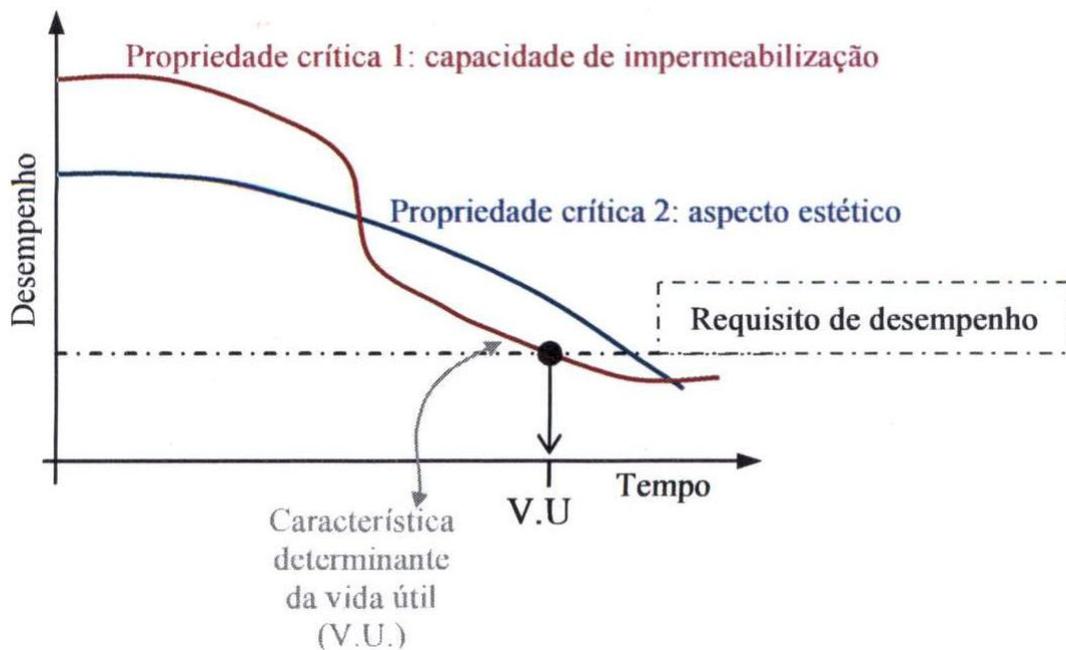


Figura 2.2 – Função de desempenho ao longo do tempo hipotética [5A, 8].

Quando contempladas as condições de exposição, surge sempre uma determinada probabilidade associada às curvas de desempenho, facto que implica o uso de um método estatístico adequado no manuseamento dos elementos.

Com a finalidade de se atentar na variabilidade estatística dos fenómenos reais, alguns autores sugerem a substituição da utilização de curvas simples por bandas de variação, como se pode observar na figura seguinte [7].

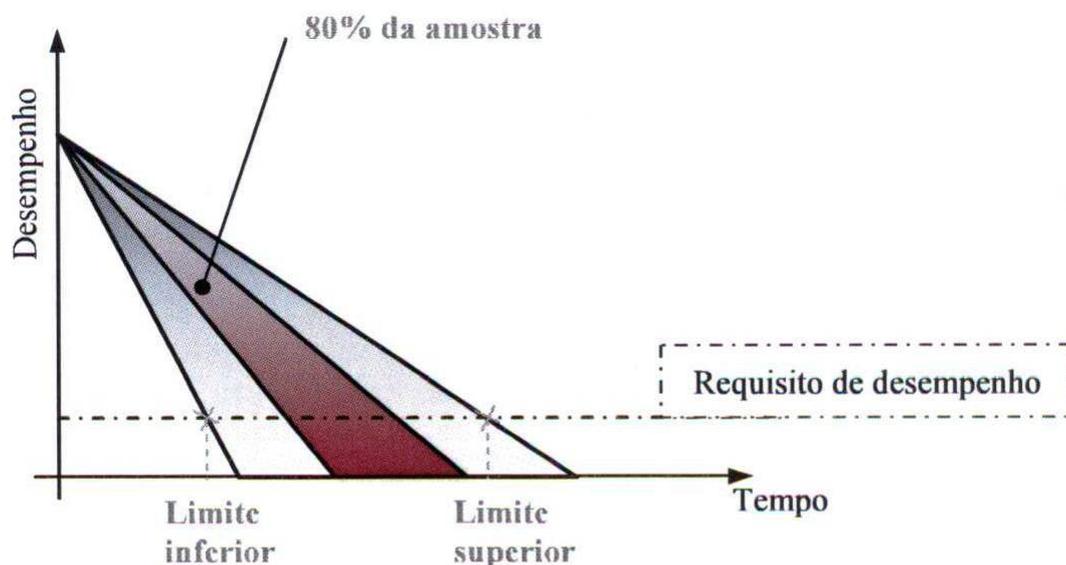


Figura 2.3 – Bandas de variação [8].

2.6. MARCAÇÃO CE DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

2.6.1. DIRECTIVA DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

No caso dos blocos de bagacina, não está implantado uma norma de marca CE, visto serem recentes e só utilizáveis nas Ilhas dos Açores.

Contudo, estes blocos de bagacina poderiam estabelecer os mesmos padrões que os blocos de betão, e serem creditados com a marca CE.

A directiva 89/106/CEE, de Dezembro de 1988, conhecida por Directiva dos Produtos de Construção (DPC) [2A], faz parte do conjunto de directivas da Nova Abordagem, que visam criar as condições para a livre circulação de produtos no Espaço Económico Europeu (EEE).

A Marcação «CE» simboliza a conformidade com todas as obrigações sendo esta obrigatória e de uso exclusivo para todos os produtos abrangidos pelas directivas que a prevêm.

A Directiva Produtos de Construção define os procedimentos a adoptar com vista a garantir que todos os produtos de construção destinados a serem incorporados de modo permanente em obras de construção se revelem adequados ao fim a que se destinam, de modo que os empreendimentos em que venham a ser aplicados satisfaçam os requisitos essenciais.

A sua definição de produtos de construção entende que como qualquer produto destinado a ser incorporado em obras de construção, incluindo as obras de construção civil e de engenharia civil [9].

2.6.2. REQUISITOS ESSENCIAIS DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE

Quando caracterizamos a avaliação de conformidade de um material, existe algumas exigências que deverão ser consideradas. Essas exigências estão descritas em seis pontos essenciais [6A, 9].

As seis exigências essenciais das obras definidas na DPC, são [6A, 9]:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incêndio;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança na utilização;
- Protecção contra ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico.

2.6.2.1. RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESTABILIDADE

As obras devem ser concebidas e construídas de modo a que as cargas a que possam estar sujeitas durante a construção e a utilização não causem:

- O desabamento total ou parcial da obra;
- Grandes deformações que atinjam um grau inadmissível;
- Danos em outras partes da obra ou das instalações ou do equipamento instalado como resultado de deformações importantes das estruturas de suporte de carga;
- Danos desproporcionados relativamente ao facto que esteve na sua origem.

2.6.2.2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

As obras devem ser concebidas e realizadas de modo a que, no caso de se declarar um incêndio:

- A capacidade das estruturas de suporte de carga possa ser garantida durante um período de tempo determinado;
- A deflagração e a propagação do fogo e do fumo dentro da obra sejam limitadas;
- A propagação do fogo às construções vizinhas seja limitada;
- Os ocupantes possam abandonar a obra ou ser salvos por outros meios;
- A segurança das equipas de socorro esteja assegurada.

2.6.2.3. HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE

A obra deve ser concebida e realizada de modo a não causar danos à higiene e à saúde dos ocupantes ou vizinhos, em consequência, nomeadamente:

- Da libertação de gases tóxicos;
- Da presença de partículas ou gases perigosos no ar;
- Da emissão de radiações perigosas;
- Da poluição ou contaminação da água ou do solo;
- Da evacuação defeituosa das águas residuais, do fumo, dos desperdícios sólidos, ou líquidos;
- Da presença de humidade em partes ou em superfícies da obra.

2.6.2.4. SEGURANÇA PARA O UTILIZADOR

Riscos de escorregamento, desabamento, queda, queimadura, electrocussão e quaisquer danos por explosão.

2.6.2.5. PROTECÇÃO CONTRA O RUÍDO

O ruído captado pelos ocupantes ou pelas pessoas próximas deve-se manter a um nível que não prejudique a sua saúde e lhes permita dormir, descansar e trabalhar em condições satisfatórias.

2.6.2.6. ECONOMIA DE ENERGIA E ISOLAMENTO TÉRMICO

As obras e instalações de aquecimento, arrefecimento e ventilação devem ser concebidas e realizadas de modo a que a quantidade de energia necessária para a sua utilização seja baixa, tendo em conta as condições climáticas do local e os ocupantes.

2.6.3. ORGANIZAÇÃO

O modo de comprovação da conformidade é variável consoante o risco que o produto represente face aos requisitos essenciais:

- Pode ser emitido pelo próprio fabricante (declaração do fabricante) ou por um organismo notificado (organismo de certificação);
- Poderão ainda participar na comprovação da conformidade outros organismos notificados (laboratórios ou organismos de inspecção).

Está implícito, ainda uma exigência adicional de durabilidade, uma vez que, de acordo com a directiva, as exigências essenciais devem ser satisfeitas durante um período de tempo economicamente razoável.

Para que possam ser colocados no mercado, os produtos de construção a utilizar em obras sujeitas a regulamentação, devem ser aptos ao uso previsto, devendo apresentar características tais que as obras onde forem incorporados satisfaçam às exigências essenciais. A marcação CE evidencia a conformidade dos produtos com as especificações técnicas aplicáveis e permite-lhes circular livremente no estado europeu [10].

Para que a directiva pudesse ser posta em prática foi necessário estabelecer e publicar documentos de especificação de produto, designados por normas de produto. Estes documentos referem também as normas de ensaio onde são apresentados métodos de verificação das características especificadas. Foram desenvolvidos pelo CEN (Comité Europeu de Normalização) e pelo CENELEC (Comité Europeu de Normalização Electrotécnica), a par com documentos de especificação de sistemas ou produtos inovadores, designados por guias de aprovação técnica europeia (ETA — DIBt - aprovação técnica europeia (ETA)), desenvolvidos pela EOTA (Organização Europeia de Aprovações Técnicas) [11].

Pode ser estabelecida uma relação entre as exigências essenciais das obras, que estão a montante de todo o processo, e a marcação CE dos produtos de construção, análogo á figura 2.4.

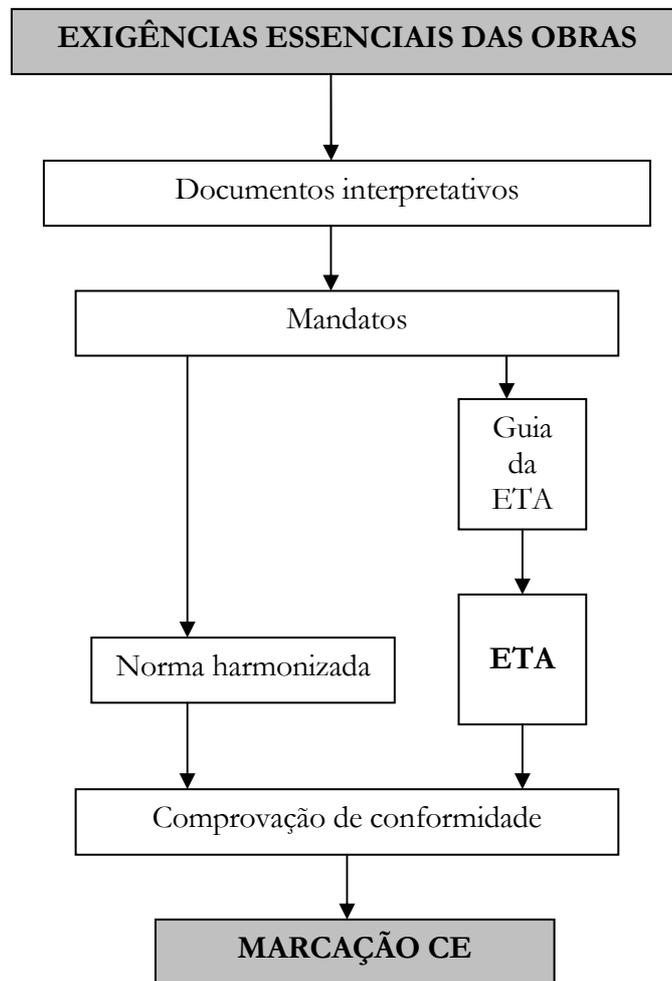


Figura 2.4 – Relação entre as exigências essenciais das obras e a marcação CE dos produtos de construção [11].

As normas harmonizadas e as aprovações técnicas europeias (ETA — European Technical Approval - A aprovação técnica europeia), constituem as especificações técnicas harmonizadas que servem de base à marcação CE dos produtos.

As normas harmonizadas são normas de produtos, elaboradas pelas organizações europeias de normalização na sequência de mandatos concedidos pela Comissão Europeia, em correspondência com a DPC. Estas normas contêm um anexo informativo ZA, que identifica os requisitos objecto de regulamentação e as cláusulas da norma onde

eles são tratados, que constituem a parte harmonizada da norma a partir da qual a marcação CE é atribuída.

As European Technical Approval, são apreciações técnicas favoráveis da aptidão ao uso dos produtos e destinam-se àqueles para os quais não existam normas europeias harmonizadas ou mandatos para as mesmas, nem normas nacionais reconhecidas a nível comunitário, e aos produtos que se afastem significativamente daquelas normas. São direccionadas para a inovação tecnológica, enquanto as normas, especificações técnicas de âmbito geral, traduzem o estado de conhecimento consolidado.

Cada ETA é uma especificação técnica de carácter individual, ao contrário das normas, relativa a um ou mais produtos específicos do mesmo tipo produzidos por um determinado fabricante, que associa à definição do produto e das suas características uma apreciação da sua aptidão ao uso. Têm um período de validade de cinco anos, ao fim do qual devem ser renovadas.

A transposição para ordem jurídica portuguesa da DPC, em 1993, foi estabelecida pelo Decreto-Lei n.º 113/93 de 10 de Abril (alterado pelo Decreto-Lei n.º 139/95 de 14 de Junho e pelo Decreto-Lei n.º 374/98 de 24 de Novembro) e pela Portaria n.º 566/93 do Ministério da Indústria e Energia, de 2 de Junho.

De acordo com esta legislação, o acompanhamento da respectiva aplicação compete em conjunto ao Instituto Português da Qualidade (IPQ) e ao Laboratório de Engenharia Civil (LNEC), e são cometidas a cada uma destas instituições e ainda às Direcções Regionais de Economia (cujas competências em matéria de fiscalização foi transferida em 2004 para a Inspeção Geral das Actividades Económicas — IGAE) atribuições específicas dentro da sua esfera de actuação [10].

2.6.4. SISTEMAS DE COMPROVAÇÃO DA CONFORMIDADE

A comprovação da conformidade dos produtos de construção com as especificações técnicas necessárias para a marcação CE deve fazer-se utilizando um conjunto de

métodos de controlo de conformidade definidos na Directiva dos Produtos de Construção, que vão desde o ensaio de tipo inicial do produto pelo fabricante ou por um Organismo notificado, passando pelo controlo interno de produção pelo fabricante, até ao acompanhamento, avaliação e apreciação permanentes desse controlo interno por um Organismo notificado [12].

A combinação dos métodos de controlo dá origem a seis sistemas de comprovação de conformidade distintos — 1+, 1, 2+, 2, 3 e 4 — que se caracterizam no quadro 2.2.

Quadro 2.2 — Sistemas de comprovação de conformidade como base para a marcação CE.

	FUNÇÕES	SISTEMA					
		1+	1	2+	2	3	4
I-1	Controlo de produção da fábrica	F	F	F	F	F	F
I-2	Ensaio inicial do produto			F	F		F
I-3	Ensaio de amostras colhidas na fábrica de acordo com um programa de ensaios previamente estabelecido.	F	F	F			
II-1	Ensaio inicial do produto	C/L	C/L			L	
II-2	Inspeção inicial da fábrica e do controlo de produção da fábrica	C/I	C/I	I	I		
II-3	Fiscalização, apreciação e aprovação contínuas do controlo de produção da fábrica.	C/I	C/I	I			
II-4	Ensaio aleatório de amostras colhidas na fábrica, no mercado ou no local da obra	C/L					

Organismo envolvido:

F – fabricante;

L – laboratório;

I – Org. Inspeção;

C – Org. de certificação

A definição do sistema apropriado para cada família de produtos depende: da importância do produto no que se refere aos requisitos essenciais, em especial aos relacionados com a saúde e segurança; da natureza do produto; da influência da variação das características do produto na sua funcionalidade; das probabilidades de ocorrência de defeitos no fabrico do produto.

As decisões sobre os sistemas a adoptar são tomadas pela Comissão Europeia e publicadas no Jornal Oficial da União Europeia (JOUE).

Com excepção do sistema 4, onde a responsabilidade das tarefas a efectuar incumbe apenas ao fabricante, em todos os sistemas intervêm organismos notificados, que em função das tarefas a efectuar podem ser: organismos de certificação (qualificados para as funções de certificação de conformidade dos produtos ou de certificação do controlo interno da produção), organismos de inspecção e laboratórios de ensaio.

2.7. MARCAÇÃO CE DE BLOCOS DE BAGACINA

Apenas os produtos de construção cobertos por especificações técnicas harmonizadas podem beneficiar da marcação CE.

Os fabricantes dos produtos ou seus representantes autorizados no EEE são responsáveis pela afixação da marcação CE, devem assegurar que esta seja aposta de forma visível, numa etiqueta fixada ao produto, na embalagem ou em documentação comercial de acompanhamento, em função das características dos produtos.

A marcação CE deve ser acompanhada de um conjunto de elementos identificadores, entre os quais informação técnica sobre o produto, em regra sob a forma de valores declarados das suas características, sendo ainda permitida a aposição, em paralelo com a marcação CE, de marcas voluntárias nos produtos ou nas respectivas embalagens, desde que não reduzam a visibilidade ou a legibilidade daquela marcação e não induzam em erro quanto ao seu significado e ao grafismo da mesma [10].

2.7.1. INFORMAÇÃO A DISPONIBILIZAR EM UMA EMBALAGEM

Na marcação CE existe algumas informações que deverão aparecer nas embalagens de modo a identificar o produto. De seguida mencionamos alguma informação:

- Nome do produto;
- Marca e localização do fabricante;

- Data de produção, tempo de validade e condições de armazenamento;
- Tipo de argamassa de acordo com a definição da norma harmonizada;
- Campo e condições de utilização;
- Instruções de utilização para os utilizadores (se relevante);
 - Modo, tempo e proporções de mistura; tempo de maturação;
 - Forma de aplicação;
 - Tempo de vida;
 - Tempo estabelecido para acabamento;
 - Tempo final para utilização.

A marcação CE, responsabilidade do fabricante ou do seu representante, através de uma declaração de conformidade, atesta que as características dos produtos estão conforme a regulamentação das normas harmonizadas, para a construção especificada.

O fabricante é responsável pelo sistema de comprovação e pela emissão de uma declaração de conformidade baseada na: operacionalidade dos sistemas de controlo de produção na fábrica e ensaios iniciais do produto.

A declaração escrita do fabricante deve conter a seguinte informação: nome e endereço do fabricante e local da produção; descrição do produto e cópia da informação anexa à marcação CE; características de conformidade do produto; indicações para condições especiais de utilização do produto; nome e função da pessoa com capacidade para assinar a Declaração em vez do fabricante.

2.7.2. NORMALIZAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA

A nível europeu, o CEN (Comité Européen de Normalisation), no âmbito da marcação CE, preparou um conjunto de normas relativas a alvenarias, sendo uma de exigências, várias de métodos de ensaio, uma com regras de concepção e execução e uma relativa a elementos acessórios, nomeadamente redes metálicas e perfis protectores de arestas de

paredes. Para além destas existe todo um conjunto de normalização relativa aos constituintes das alvenarias, ao qual não se faz aqui particular referência.

Quadro 2.3 – apresenta as normas europeias em vigor relativas a alvenarias [9].

Ref. da Norma	Título da norma	Decisão	Data de início da marcação CE	Data do final do período de coexistência	Publicação no JOC	Sistema
EN 413-1: 2004	Cimento de alvenaria - Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade	97/555/CE	2004-12-01	2005-12-01	2004/C 263/02 de 2004-10-26	
EN 771-1: 2003 / A1:2005	Especificações para elementos de alvenaria - Parte 1: Tijolos cerâmicos.	97/740/CE	2005-04-01	2006-04-01	2005/C79/09 de 2005-04-01	2+ / 4
EN 771-2: 2003 / A1:2005	Especificações para elementos de alvenaria - Parte 2: Blocos silico-calcários.	97/740/CE	2005-04-01	2006-04-01	2005/C79/09 de 2005-04-01	2+ / 4
EN 771-3: 2003 / A1:2005	Especificações para elementos de alvenaria - Parte 3: Blocos de betão (com inertes densos e ligeiros).	97/740/CE	2005-04-01	2006-04-01	2005/C79/09 de 2005-04-01	2+ / 4
EN 771-4: 2003 / A1:2005	Especificações para elementos de alvenaria - Parte 4: Blocos de betão celular autoclavados.	97/740/CE	2005-04-01	2006-04-01	2005/C79/09 de 2005-04-01	2+ / 4
EN 771-5: 2003 / A1:2005	Características dos elementos de alvenaria - Parte 5: Blocos de pedra manufacturada para alvenaria	97/740/CE	2005-04-01	2006-04-01	2005/C79/09 de 2005-04-01	2+ / 4
EN 771-6:2005	Especificações para elementos de alvenaria: Elementos de pedra	97/740/CE	2006-08-01	2007-08-01	2005/C79/09 de 2005-04-01	2+ / 4
EN 845-1: 2003	Especificação dos componentes acessórios de alvenaria - Parte 1: Amarrações, chapas de fixação, estribos de suporte e consolas.	97/740/CE	2004-02-01	2005-02-01	OJ C271 of 2003-11-12	3
EN 845-2: 2003	Especificação dos componentes acessórios de alvenaria - Parte 2: Lintéis	97/740/CE	2004-02-01	2005-02-01	OJ C271 of 2003-11-12	3
EN 845-3: 2003	Especificação dos componentes acessórios de alvenaria - Parte 3: Reforço de junta horizontal em malha de aço.	97/740/CE	2004-02-01	2005-02-01	OJ C271 of 2003-11-12	3
EN 998-1: 2003	Especificação para argamassas de alvenaria	97/740/CE	2004-12-01	2005-02-01		4
EN 998-1: 2003 / AC:2005	Especificação para argamassas de alvenaria	97/740/CE	2006-06-01	2006-06-01		4
EN 998-2: 2003	Especificação para argamassas de alvenaria	97/740/CE	2004-02-01	2005-02-01		4

2.8. MARCAÇÃO CE / HOMOLOGAÇÃO DO LNEC

A marcação CE tem como objectivos: assegurar a livre circulação dos produtos na União Europeia e eliminar todas as barreiras técnicas ao comércio, de modo a criar um mercado interno para os produtos da construção; harmonizar as legislações nacionais no domínio dos requisitos essenciais nas obras de construção; a segurança de todos os utilizadores.

Neste âmbito, a homologação obrigatória do LNEC, enquadrada pelo artigo 17º do RGEU [9A], deixa de poder aplicar-se aos produtos objecto de marcação CE. Seria claramente objecto de contestação, da Comissão Europeia, impor que um determinado produto portador daquela marcação tivesse a sua utilização condicionada em Portugal à obtenção de uma apreciação favorável do LNEC.

Actualmente para serem colocadas no mercado os blocos de bagacina não é preciso possuir a marcação CE. Assim, nenhuma entidade independente participa no processo, de modo a garantir e a transmitir confiança ao utilizador sobre a qualidade do produto adquirido.

É de referir que a marcação CE foi concebida para ser um passaporte para a livre circulação dos produtos, não sendo uma marca de qualidade.

Com efeito a marcação CE, pela natureza de que ela se reveste, não contempla aspectos que são considerados uma maior valia importante para o bom desempenho dos blocos de bagacina. Perante esta situação, o LNEC decidiu passar a emitir documentos de apreciação técnica de produtos da construção, que designará (em princípio) por Documentos de Aplicação.

Os Documentos de Aplicação, à luz dos Documentos de Homologação, contemplarão aspectos não cobertos pelas especificações técnicas que estão na base da marcação CE como a definição do campo de aplicação; limitações de aplicação; condições de aplicação em obra; regras de manutenção.

Estes documentos só serão emitidos para produtos que tenham aposta a marcação CE e, ao contrário do estatuto de obrigatoriedade dos Documentos de Homologação à luz do artigo 17º do RGEU, terão um carácter voluntário.

A figura da homologação era um auxiliar importante para os técnicos, uma vez que constituía um parecer favorável, de uma entidade independente, sobre a adequabilidade ao uso dos materiais de construção, tendo em conta, entre outros, factores como as condições de fabrico e as condições de aplicação em obra.

A emissão de Documentos de Aplicação pelo LNEC enquadra-se no que actualmente se

verifica em muitos países europeus. Alguns organismos que anteriormente eram responsáveis pela concessão de homologações nacionais estão já a emitir documentos deste tipo, como sucede por exemplo em França, pela emissão de "Document Technique d'Application" em alternativa aos "Avis Techniques" pelo Centre Scientifique et Technique du Bâtiment e, em Espanha, pela emissão de DITPI" em alternativa aos DIT (Documento de Idoneidade Técnica) da responsabilidade do Institut de Tecnologia de la Construcción de Catalunya.

3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DE DESEMPENHO DA BAGACINA

3.1. ROCHAS DA ILHA DO PICO

Da natureza geológica da ilha do Pico sobressaem a presença de formações rochosas, a predominância de terrenos pedregosos e a pobreza dos solos existentes na quase totalidade da ilha, que constituem características marcantes da respectiva paisagem, tornando-a única no contexto da realidade vulcânica do arquipélago. Dada a natureza exclusivamente basáltica das lavas do Pico, pode observar-se nesta ilha um vasto conjunto de formas e de estruturas vulcânicas que são típicas de regiões de vulcanismo básico. Inversamente, depósitos, estruturas e paisagens vulcânicas intimamente associadas a erupções de magmas siliciosos (como é o caso de pedra pomes, ignimbritos, lahars, domas e agulhas) estão totalmente ausentes da ilha do Pico, embora façam parte da realidade geológica de outras ilhas do grupo central [13].

As rochas do Pico apresentam uma natureza marcadamente alcalina em que os termos mais evoluídos (como é o caso das rochas de composição traquítica - a pedra pomes) estão ausentes. Desse modo, cerca de oitenta por cento do total das rochas existentes na ilha são basaltos (Rocha vulcânica quase sempre extrusiva (rocha extrusiva), escura (máfica), de granularidade muito fina (textura afanítica), constituída essencialmente por piroxenas, olivinas e plagioclases, podendo conter uma fracção de vidro vulcânico. Os minerais acessórios mais frequentes são os óxidos de ferro e de titânio), os materiais efusivos (isto é, aqueles associados a escoadas lávicas) predominam relativamente aos produtos piroclásticos (*as bagacinas*), os quais estão, por seu turno, associados a explosões geralmente fracas a moderadas. Um aspecto intrínseco às rochas da ilha tem a ver com as elevadas temperaturas de emissão das respectivas lavas, temperaturas essas que se podem deduzir, nomeadamente, da composição mineralógica dessas mesmas lavas.

Os inúmeros cones vulcânicos estão dispersos pela ilha e contribuíram decisivamente para a sua morfologia e configuração actuais, em especial para a génese da extensa cordilheira vulcânica que constitui a sua metade oriental. Essas formas vulcânicas são constituídas na

sua maioria por escórias basálticas, geralmente de cor negra e avermelhada, frequentemente vitrificadas e esmaltadas, popularmente designadas por "*bagacina*". Estes cones de escórias apresentam-se ora sob a forma de edifícios cónicos mais ou menos perfeitos, truncados no topo por depressões (crateras), ora correspondem a acumulações de materiais vulcânicos explosivos, moldados e soldados entre si (os "salpicos de lava" ou "emplastos"), conferindo às vertentes do cone e da cratera maior estabilidade e, como tal, verticalidade. Trata-se de material vulcânico amplamente utilizado em vias de comunicação, na construção civil ou, ainda, como terreno agrícola, designadamente em pomares e terrenos de vinha. Mais raramente, quando as escórias basálticas, antigas, se apresentam avermelhadas e mais compactas, são utilizadas como rocha ornamental [13].

Os mecanismos vulcânicos que condicionaram a tipologia das rochas existentes na ilha do Pico, moldaram, também, a sua morfologia. A imponente Montanha do Pico (o terceiro maior vulcão do Atlântico) e os cerca de trezentos e cinquenta cones de escórias basálticas (*vulgarmente designados cabeços de bagacina*) que caracterizam a paisagem são, assim, duas realidades importantes.

3.2. DESCRIÇÃO DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS

3.2.1. ASPECTO GEOLÓGICO

Para todos os produtos expelidos para a atmosfera por erupções vulcânicas explosivas, adoptou-se o termo "Tephra - Depósito sedimentar de material piroclástico não consolidado. Os sedimentos podem ter os mais variados tamanhos, desde blocos e bombas a cinzas", termo este introduzido por Thorarinsson, independentemente da dimensão dos elementos constituintes sendo utilizado usualmente como sinónimo de "material piroclástico". O termo elimina os depósitos de fragmentos procedentes de processos subaquáticos ou formados no interior das chaminés vulcânicas, não sendo por regra habitual nas escoadas piroclásticas [14, 15].

Na Região Autónoma dos Açores vulgarmente conhecidas por “bagacinas”, “casalhos” ou “bagaços”, encontram-se escórias vulcânicas, que num modo mais vago correspondem a um subgrupo de rochas piroclásticas (Fragmentos de material magmático expelidos pelos vulcões. Podem ter várias dimensões, variando desde a cinza vulcânica às bombas ou blocos), no ponto de vista geológico, que essencialmente se descrevem pelo facto dos fragmentos serem depositados após percorrerem uma trajectória parabólica no ar, sucedendo em fragmentos de maior dimensão, ou após dispersão incitada pelo próprio vento. As Escórias vulcânicas como materiais piroclásticos de deposição subárea incluem-se na designação do termo “Tephra” [14, 15].

De acordo com o objectivo, as ejeções vulcânicas podem ser classificadas tendo em atenção a sua origem, o seu tamanho, o grau de consolidação do seu depósito, a sua composição geral, entre outras. Como por exemplo, a origem das ejeções vulcânicas podem ser classificadas de magmáticas (Rocha fundida que ocorre em profundidade na crosta e no manto. Quando ascende e arrefece dá origem a uma rocha magmática intrusiva (se arrefece no seio de outras rochas) ou extrusiva (se arrefece no exterior)), se provêm do próprio magma fundido, ou não magmáticas se derivam de rochas que já se apresentavam solidificadas. De salientar que as escórias vulcânicas pertencem as ejeções magmáticas. De acordo com a sua dimensão, os termos sugeridos para a divisão dos materiais piroclásticos são um pouco arbitrários, embora seja das classificações mais relevantes.

Examinando agora o grau de consolidação dos depósitos formados pelas ejeções vulcânicas, se o magma é menos fluido, nas explosões mais violentas, os fragmentos alcançam o solo numa situação praticamente sólida, continuando então, na sua maioria, não consolidados, embora posteriormente, por deposição de matéria mineral das águas de circulação, estes podem ser “cimentados”. Já, nos “borrifos” de material ainda não plenamente solidificados, ao caírem no solo vão adaptar-se à superfície e usualmente as suas margens ainda plásticas vão soldar-se, formando o que se denomina por “emplastos” ou aglutinados. Este aspecto dos piroclastos consolidados pode ser descoberto em variadas jazidas vulcânicas presentes nas ilhas [14, 15].

Quadro 3.0 – Classificação dos materiais Piroclásticos baseada na dimensão dos fragmentos.

DIMENSÃO DOS FRAGMENTOS (Φ médio)	FORMA DOS FRAGMENTOS	CONDIÇÕES DE EJECCÃO	DESIGNAÇÃO	
			FRAGMENTOS INDIVIDUAIS	ACUMULAÇÕES DE FRAGMENTOS
Superior a 64 mm	Redondo a sub angular	Plástico	Bomba	Aglomerado
	Angular	Sólido	Blocos	Brecha
Entre 2 e 64 mm	Redondo a angular	Líquido ou sólido	Lapilli	Aglomerado ou brecha de Lapilli
Inferior a 2 mm	Angular podendo ser redondo	Líquido ou sólido	Cinza	Cinza (não consolidada) Tufo (consolidado)

Lapilli – Material piroclástico expelido num episódio vulcânico, de dimensões entre 2 mm e 64 mm de diâmetro.

Tufo – Rocha sedimentar de origem vulcânica constituída por maioritariamente por cinzas, podendo conter blocos ou outros fragmentos piroclásticos.

Mediante certas circunstâncias os piroclastos que provêm de pingos de lava que foram ejectados em circunstâncias de elevada fluidez e que solidificam em pleno ar adoptam formas muito particulares, desde o arredondado ao alongado. Este fenómeno é possível visualizar em distintas jazidas. As cinzas, não se tratando de um produto queimado, mas apenas de material rochoso pulverizado, quando consolidadas, sendo constituídas por elementos de dimensões reduzidas inferiores a 2mm, adoptam a designação de tufos [15].

É importante também referir que os tipos de ejeccões também variam de acordo com o grau de intensidade das erupções que as originam e os depósitos gerados por diferentes tipos de erupções podem ser reconhecidos por critérios objectivos como por exemplo: o

volume total do material derivado da erupção, a extensão percorrida desde a chaminé, o grau de fragmentação e as dimensões das partículas presentes em qualquer ponto.

3.2.2. TIPOS DE ERUPÇÕES E SUA CARACTERIZAÇÃO

De acordo com a intensidade podemos classificar 4 tipos de erupções sub aéreas, as erupções do tipo Hawaiano, a menos intensa, seguida pelas erupções do tipo Stromboliano, as erupções do tipo Vesuviano, e por fim a mais forte as erupções do tipo Pliniano [15].

Considerando as erupções do tipo Hawaiano, constituídas por lavas de extrema fluidez, dão geralmente origem a escoadas basálticas e produzem por vezes elementos constituídos por vidro vulcânico de natureza basáltica. As escórias vulcânicas (piroclastos basálticos) resultam de erupções do tipo Stromboliano, enquanto as pedras-pomes (piroclastos traquíticos) são consequentes de erupções do tipo Pliniano e Vesuviano (sub-Pliniano). Como as escórias vulcânicas e a pedra-pomes são bastante habituais em todas as ilhas, ajusta-se evidenciar um pouco as principais características que as diferenciam.

Normalmente constituída por mais de 65% de sílica a pedra-pomes, insere-se genericamente no âmbito das rochas ácidas. No entanto, embora sendo muito invulgar, subsistem também pedras-pomes de composição basáltica. A pedra-pomes caracteriza-se essencialmente por se tratar de um vidro vulcânico traquítico de cor branca a parda ou acastanhada, altamente porosa, com densidade inferior à da água e baixa permeabilidade, pelo que flutuam na água. Este facto deve-se aos poros não estarem interligados uns aos outros, sendo portanto inacessíveis à água. No entretanto, nenhuma pedra-pomes flutuará interminavelmente pois após algum tempo, a água encontra o seu caminho chegando até aos vazios mais interiores e a pedra-pomes acaba por submergir. Por causa da intensidade das erupções do tipo Pliniano as pedras-pomes, com a sua baixa densidade, aquando da sua projecção, alcançam maior altura e vão assentar consequentemente a maiores distâncias que qualquer outro tipo de material piroclástico. Como consequência da intensidade da erupção, é também importante observar que, ao invés do que sucede com

os cones e escórias vulcânicas, os cones de pedra pomes são mal determinados e bastante extensos, sendo por vezes difícil determinar a existência de qualquer cratera ou mesmo o local exacto da chaminé, uma vez que normalmente é coberta ou destruída pela própria erupção.

Como pormenor destes depósitos reporta-se que, à medida que aumenta a distância em relação à chaminé, as camadas de material diminuem de espessura e a dimensão média dos fragmentos também diminui, sendo ainda característico dos depósitos da pedra-pomes o caso de, em cada local, as dimensões dos fragmentos de cada camada serem bastante regulares. Verifica-se também, em muitos taludes o aparecimento de intercalações de cinzas entre camadas de pedra-pomes. Esta estratificação deve-se à existência de diversas fases durante a mesma erupção [15].

Analisando, no entanto, as escórias vulcânicas, piroclastos basálticos de composição máfica (Mineral de cor escura rico em ferro e magnésio e empobrecido em sílica, com densidade superior a 3), depreende-se que assentam imediatamente à volta da chaminé vulcânica formando cones muito bem definidos, geralmente simétricos, com uma altura que excepcionalmente ultrapassa poucas centenas de metros. Estes cones, caracteristicamente Strombolianos, ostentam um aspecto característico que se deve ao facto da declive das vertentes do cone equivaler sempre ao ângulo de talude natural da escória livre, ou seja, os cones recentes de escórias apresentam vertentes com inclinações da ordem dos 33 graus. Genuinamente, este perfil geométrico torna-se menos perceptível à medida que os cones de escórias vão envelhecendo e estando sujeitos aos processos normais de erosão [15].

Podemos então descobrir nas ilhas que as erupções basálticas em terra deram origem a várias centenas de cones constituídos por escórias vulcânicas, no entanto, apresentando por vezes intercalações de escoadas lávicas. Caracteristicamente constituídos por escórias de grão grosseiro, os cones incluem material “borrifado” e bombas sub-esféricas e achatadas, dispersas, por vezes com dimensões superiores a 1 ou 2 metros, no entanto as bombas fusiformes são pouco frequentes. As escórias vulcânicas identificam-se

normalmente por serem constituídas por partículas leves de textura esponjosa devido à existência de bolhas gasosas na lava aquando da sua formação [14, 15].

Usualmente, a escória basáltica apresenta coloração negra e acinzentada encontrando-se por vezes, quando as superfícies são recentes, cores azuis iridescentes. Muito frequentemente acontece que fontes de vapor vulcânico podem atravessar o cone de escórias oxidando o ferro da rocha, conferindo-lhes uma cor castanha avermelhada.

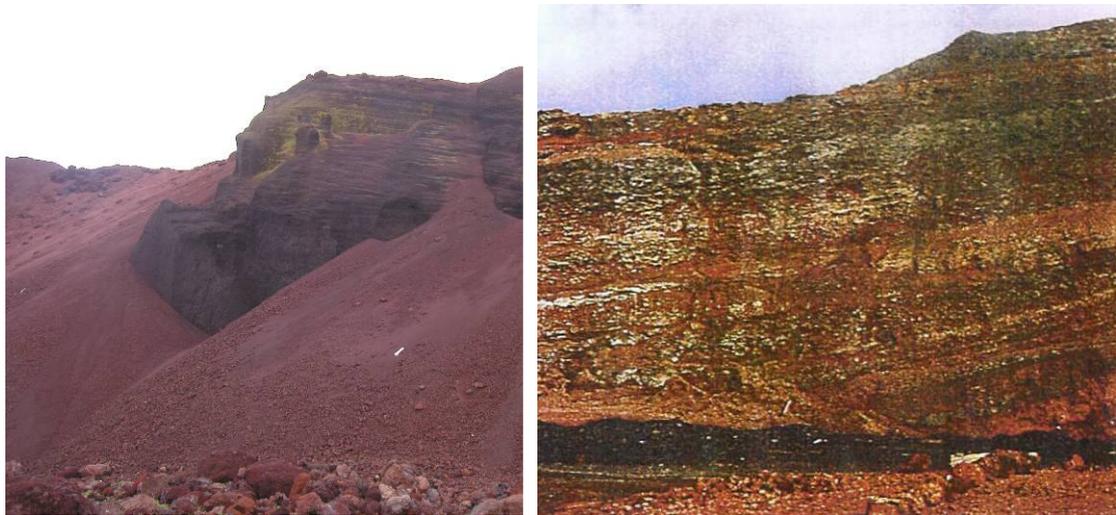


Figura 3.0 – Exploração de escórias em cones.

Esta coloração verifica-se em muitos dos cones de escórias existentes, notando-se frequentemente a coexistência das duas cores no mesmo cone. Nestas ocorrências, as de cor avermelhada surgem no núcleo do cone, ocupando as escórias negras as camadas mais superficiais. A intensidade da coloração tem a ver também com a própria composição mineralógica da escória, nomeadamente com a existência em maior ou menor grau de minerais de hematite. Também nestas erupções de tipo Stromboliano, a existência de diferentes fases numa mesma erupção confere um aspecto estratificado aos depósitos de escórias vulcânicas.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS EM EXPLORAÇÃO NA ILHA DE SÃO MIGUEL.

Carlos Fraga, no início do seu trabalho sobre a caracterização das escórias vulcânicas e dada a presença de inúmeros cones de escórias vulcânicas nas ilhas, fez uma apreciação global dos elementos disponíveis relativos a algumas das jazidas que se encontravam em exploração ou que já tivessem sido exploradas [15].

Escolheu deste modo cerca de 15 jazidas daquele material, dispersas por toda a ilha para serem analisadas, com o objectivo de avaliar a sua variabilidade, quer no que diz respeito ao modo como se apresentam na jazida quer em função de algumas das suas características intrínsecas e de resistência mecânica. Deparou então, com a existência de escórias com dois tipos de coloração preponderante, as de cor negra e as de cor vermelha acastanhada, por vezes roxa [15]. As negras apresentavam, geralmente, constituídas por partículas individualizadas (não aglutinadas), sendo por ISO fáceis de extrair da jazida e as vermelhas possuem maior tendência para se depararem consolidadas, o que lhes concede um maior inconveniente a quando da sua extracção. Este factor espelha-se na granulometria do material que se obtém da jazida, uma vez que o próprio método de extracção pode levar à fracturação de partículas de maiores dimensões ou à obtenção de elementos constituídos por várias partículas aglutinadas. No entanto, a estrutura estratificada dos cones vulcânicos concede uma grande heterogeneidade ao material extraído duma mesma jazida, uma vez que, dum modo geral, as dimensões das partículas, o grau de consolidação, a porosidade e a coloração das escórias vulcânicas variam de camada para camada. Esta diversidade provém do facto dos vários estratos corresponderem a diferentes fases da erupção, as quais podem ter sido mais ou menos gasosas e/ou mais ou menos violentas. Por outro lado, existem cones completamente constituídos por escórias provenientes de uma mesma fase eruptiva, apresentando então um aspecto mais homogéneo [15].

Uma vez que todas as amostras estudadas por Carlos Fraga são, pelo menos, representativas da fracção de material inferior a $\frac{3}{4}$ " (19.1mm), pensou em haver benefícios em considerar os resultados adquiridos para as diferentes amostras analisadas,

no sentido de se obter uma ideia das características mecânicas da fracção fina do material das diferentes jazidas inventariadas [15].

Quadro 3.1 Ensaios laboratoriais das escórias vulcânicas inventariadas [15].

Amostra N.º	Localização	Cor	GRANULOMETRIA							LA (%)	Esmagamento (%)
			Material passado # 3/4 %	Material passado # 4 %	Material passado # 200 %	Módulo de finura	Cu	Cc	#C/100 % Passados		
129/82	1	V	100	31	0,6	6,3	6,3	1,6	3/4 “	30 B	25
135/82	2	P	100	37	2,1	6,1	20	1,8	3/4 “	63 G	52
136/82	3	P	100	50	2,0	5,5	2,5	0,8	3/8 “	30 D	35
137/82	4	V	100	28	0,3	6,0	3,8	1,7	3/4 “	31 D	40
144/82	2	V	100	60	0,4	5,7	9	1	3/4 “	58 A	49
148/82	6	P	100	64	0,4	5,4	3,1	1,2	1/2 “	45 D	37
150/82	7	P/C	100	40	0,1	6,1	5,8	0,9	3/4 “	24 B	25
22/83	8	P	92	38	0,5	5,9	4,7	1,5	1”	26 D	31
106/83	9	V	70	37	2,2	6,1	60	2,3	3”	62 A	54
242/83	10	V	25	8	0,2	7,9	6,7	2,0	3”	49 F	50
4/84	11	P	87	18	0	6,3	2,7	1,7	1,5”		
5/84	11	V	88	33	0	6,1	5,0	1,3	1,5”		
6/84	12	P	88	19	0	6,3	3,6	1,3	1,5”		
7/84	12	V	80	62	0	6,2	4,0	1,2	1,5”		

V – Cor avermelhada;

P – Cor preta;

P/C – Cor preta/castanha

3.3.1. GRANULOMETRIA

Da representatividade das amostras, há alguns aspectos que podem dar uma ideia das características granulométricas das escórias vulcânicas e da sua variabilidade de jazida para jazida. Por exemplo, em todas as amostras observadas a percentagem de material inferior a 0.074mm (peneiro n.200 ASTM) é ínfima e reflecte uma certa garantia do material em termos de plasticidade [15].

A presença de uma ideia generalizada de maior igualdade das escórias de cor preta parece não se comprovar em face dos valores do coeficiente de uniformidade das diferentes amostras, os quais denunciam uma acentuada inconstância de amostra para amostra mas sem analogia com a cor. Por outro lado, os valores dos módulos de finura também apontam para não haver correlação sensível entre a granulometria e a cor preponderante em cada amostra.

Note-se também que, duma maneira geral, os módulos de finura não variam muito, sendo razoável esperar para as amostras integrais valores com ordem de grandeza entre 6 e 7.

Entre dos coeficientes de curvatura (C_c) pode-se averiguar que, na maioria, as curvas granulométricas afiguram-se contínuas (valores médios entre 1 e 2) [15].

3.3.2. RESISTÊNCIA MECÂNICA

O Cálculo da percentagem de desgaste pela máquina de Los Angeles foi executada recorrendo à granulometria de ensaio que mais se aproxima da curva granulométrica da amostra, o que faz com que os obstáculos de representatividade das amostras analisadas se reproduza também neste ensaio. Assim, e sem atender ao facto da resistência ao desgaste das escórias vulcânicas variar notavelmente com a granulometria do material ensaiado, foi observado que parece expressivo o facto de se verificar que às amostras nitidamente não uniformes correspondem percentagens de desgaste mais elevadas (superiores a 50%) [15].

Deste modo, foi realizada uma análise da percentagem de material friável de cada uma das amostras através dum ensaio de esmagamento sendo interessante reparar que os valores

mais altos de esmagamento pertencem às amostras com valores de Los Angeles mais elevados, apesar de uma certa interdependência entre as percentagens de desgaste de Los Angeles e as percentagens do material friável obtidas em cada amostra.

3.3.3. ANÁLISE QUÍMICA E MINERALÓGICA

Levando em conta as características visuais expostas pelas diversas amostras inventariadas, particularmente a sua coloração, o modo como se situam na jazida (consolidadas ou soltas) e a sua granulometria e porosidade, foram escolhidas algumas dessas amostras para serem submetidas a análise química e mineralógica no Laboratório Nacional de Engenharia Civil [15]. Para se poder analisar a composição química das 7 amostras seleccionadas (4 pretas e 3 vermelhas), foram subdivididas em 2 ou 3 provetes pelo facto de, nessas próprias amostras, existir partículas que ostentavam aspectos diferenciados, especialmente no que respeita à densidade e porosidade. Deste modo, procurava-se assim analisar a influência da composição química e/ou mineralógica nessa variedade de aspecto, observando que, naturalmente, essas partículas resultam de diferentes fases mais ou menos gasosas da mesma erupção. Respeitante à composição química, esta é praticamente idêntica em todas as amostras analisadas, podendo-se afirmar que as escórias têm uma composição química que andarรก perto do seguinte:

- 45 a 50% sílica (Si O_2)
- 15 a 20% de óxido de alumínio ($\text{Al}_2 \text{O}_3$)
- 10 a 12% de óxido de cálcio (Ca O)
- 8 a 10% de óxido de ferro ($\text{Fe}_2 \text{O}_3$)
- 5 a 10% de óxido de magnésio (Mg O)
- 5 a 10% de óxidos de titânio ($\text{T}_i \text{O}_2$), sódio ($\text{Na}_2 \text{O}$), potássio ($\text{K}_2 \text{O}$) e manganês ($\text{Mn}_2 \text{O}_3$).

A composição é completamente análoga à composição química típica de um basalto, o que é perfeitamente acertado dado que as escórias vulcánicas são piroclastos de essência basáltica. Depois, submeteram-se mais 3 amostras das 4 que foram objecto de estudo

mais exaustivo, à análise mineralógica por difractometria de Raio X, tendo-se recorrido à utilização da radiação $K\alpha$ do cobalto, de um modo geral, em todas as amostras observadas o mineral cristalino existente em maior proporção é uma plagioclase, encontrando-se em segundo lugar as piroxenas e olivina. Em relação à hematite, verificou-se que a sua existência está correlacionada com a coloração avermelhada preponderante na amostra, uma vez que este mineral não foi encontrado nas amostras de cor negra. De outro modo, esta conclusão está inteiramente em concordância com o facto da cor avermelhada derivar da oxidação do ferro [15].

Quadro 3.2 Análise mineralógica de escórias vulcânicas por Difractometria de raios X com radiação $K\alpha$ do cobalto.

AMOSTRA N.º	126/86	1/87	10/87
COR PREDOMINANTE	VERMELHA	PRETA	VERMELHA
HEMATITE	+	-	+
MAGNETITE	+	+	+
PLAGIOCLASES	++	+	+++
EPIDOTO	+	+	+
PIRIXENAS	++	+	+

3.4. CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS

3.4.1. AMOSTRAS ESCOLHIDOS PARA ESTUDO

Depois do estudo considerar as 15 jazidas de escórias vulcânicas e dissecar o cenário adquirido através da inventariação, escolheram-se 4 amostras para serem estudadas mais aprofundadamente [15].

Para efectuar esta escolha, levou-se em atenção a variabilidade dos parâmetros aferidos nas amostras inventariadas, com o objectivo de apurar as repercussões dessas variações na utilização em obra.

Das 4 amostras escolhidas, procedentes de 2 chaminés diferentes (localização 12 e 2), 3 são vermelhas e 1 preta. Esta e uma das vermelhas correspondem a um mesmo cone vulcânico, tendo as outras 2 vermelhas sido retiradas em frentes de exploração situadas em vertentes opostas daquele cone (localização 12 e 11); a de cor preta coexiste com uma das vermelhas na mesma frente. Deste modo, pretendeu-se também apurar a variação das características expostas pelas escórias dum mesmo cone, em função da diferença de cor e em função dos diferentes estratos que são intersectados conforme a localização da frente de exploração. A essas 4 amostras foram atribuídas as seguintes referências:

- Amostra n.º. 126/86- (vermelha)
- Amostra n.º. 1/87 – (preta)
- Amostra n.º. 10/87 - (vermelha)
- Amostra n.º. 19/87 - (vermelha).

As amostras foram recolhidas por acesso manual, recorrendo à pá e picareta, tentando-se na medida do possível, face aos obstáculos anteriormente mencionadas, adquirir uma amostra representativa das dimensões do material normalmente extraído da jazida para aplicação em obras.

3.4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ESTUDO LABORATORIAL DAS ESCÓRIAS VULCÂNICAS

3.4.2.1. PLASTICIDADE

Em todas as amostras inventariadas constatou-se que não há problemas quanto à sua plasticidade. Mesmo após o emprego em obra, o acréscimo da percentagem de finos, resultante da transformação da granulometria do material, não é expressivo uma vez que esses finos derivam do esmagamento das partículas de maiores dimensões e ostentam por ISO características não plásticas.

Quadro 3.3 Equivalente de areia das 4 escórias vulcânicas [15].

AMOSTRAS	126/86	1/87	10/87	19/87
EQUIVALENTE DE AREIA	99 %	98 %	93 %	94 %

3.4.2.2. MASSAS VOLÚMICOS

Calcularam-se as massas volúmicas e absorção de água de diferentes fracções das 4 amostras em estudo com o intuito de avaliar a modificação destes parâmetros com a dimensão das partículas do material.

Para além da absorção de água após 24 horas de imersão (expressa em percentagem da massa do material seco), determinaram-se as subsequentes massas volúmicas:

- Massa volúmica do material impermeável das partículas (t_h) – relação entre a massa do material seco e o volume real do material mais o dos poros nos quais a água não penetrou ao fim de 24 horas de imersão;
- Massa volúmica das partículas secas (t_s) – relação entre a massa do material seco e o volume real do material e de todos os seus poros;
- Massa volúmica das partículas saturadas com a superfície seca (t_h') – relação entre a massa do material seco mais a da água que absorveu em 24 horas de imersão e o volume real do material mais o de todos os seus poros.

Procurou-se ter uma noção dos limites de variação das massas volúmicas e absorção de partículas com a mesma dimensão mas com aparência claramente distinto em termos de porosidade. Assim, nas amostras onde era perceptível a existência de partículas com porosidades claramente diferentes, seleccionaram-se elementos grosseiros e constituíram-se provetes com os mais porosos e provetes com os que mostravam uma aparência mais compacta [12]. Nas amostras do estudo efectuado por Carlos Fraga, as massas volúmicas aumentam com a diminuição da granulometria, cumprindo-se o inverso relativamente à absorção de água. Este acontecimento é devido à diminuição dos vazios de maiores dimensões à medida que o material se vai tornando mais fino [15]. As divergências entre

os valores das três massas volúmicas determinadas em cada amostra são inconfundivelmente mais acentuadas nas fracções grossas notando-se que essas discrepâncias são ainda mais acentuadas nas amostras cuja fracção grossa contém uma maior percentagem de absorção de água. Isto espelha a influência dos vazios onde a água penetra, visto que a absorção é em função da quantidade de poros acessíveis à água presentes nas partículas do material [25]. A interferência dos vazios não acessíveis à água é nitidamente detectada pela confrontação dos valores da massa volúmica do material impermeável das partículas, nas fracções grossa e fina de cada amostra. A constatação de que esses valores são muito diferentes denota que, nas escórias vulcânicas, a porosidade é predominantemente devida à presença de poros isolados sem estarem em comunicação uns com os outros, não autorizando que a água tenha acesso aos poros mais interiores das partículas.

A observação dos valores adquiridos para os elementos grosseiros analisados clarifica um pouco este aspecto da influência da porosidade nas massas volúmicas do material, uma vez que, para os elementos compactos a diferença entre os 3 valores de massas volúmicas é menos sensível. Apesar de estas determinações executadas com os elementos grosseiros, seleccionados em função do seu aspecto em termos de compacidade, correspondam a casos extremos pouco expressivos no conjunto do material da jazida, a variabilidade dos valores auferidos espelha de certa maneira a heterogeneidade, característica das escórias vulcânicas.

Comparativamente a análise das 4 amostras ensaiadas [15], conclui-se que a (10/87) è a que demonstra maior porosidade e consequentemente maior absorção na fracção grossa, no entanto a respectiva fracção fina é, de entre as 4 amostras, a que expõe menor absorção, o que leva a concluir-se que, nesta circunstância, a redução da granulometria leva a uma diminuição mais acentuada da quantidade de vazios acessíveis à água. Para finalizar, nota-se que as partículas da amostra preta são as menos porosas, verificando-se que as amostras vermelhas do 126/86, 1/87 e 19/87 ostentam valores muito análogos, o que está seguramente relacionado com o facto destas duas escórias pertencerem ao mesmo cone vulcânico.

Quadro 3.4 – Massas volúmicas e absorção de água das 4 escórias vulcânicas analisadas

[15].

Amostras	FRACÇÕES DO MATERIAL		ESPECIFICAÇÃO DO ENSAIO	MASSAS VOLUMICAS			ABSORÇÃO (%)
				δ'_h (g.cm ³)	δ_s (g.cm ³)	δ_h (g.cm ³)	
126/86 Vermelha	3/8		JAE P-6 A	1,75	1,48	2,03	18,5
	3/8		JAE P-6 B	2,16	1,96	2,45	10,2
	# n.º 4		NP-954/73	2,24	2,04	2,56	9,8
			LNEC E-15	-	-	2,46	-
	grosos	Porosos	JAE P-6 A	1,72	1,41	2,05	22,1
Compactos		JAE P-6 A	2,5	2,34	2,79	6,8	
1/87 Preta	3/8		JAE P-6 A	1,64	1,35	1,90	21,0
	3/8		JAE P-6 B	1,88	1,75	2,03	7,9
	# n.º 4		NP-954/73	1,95	1,76	2,17	10,8
			LNEC E-15	-	-	2,04	-
	grosos	JAE P-6 A	JAE P-6 A	1,73	1,41	2,08	22,8
JAE P-6 A		JAE P-6 A	1,81	1,51	2,16	19,9	
10/87 Vermelha	3/8		JAE P-6 A	1,48	1,07	1,82	38,8
	3/8		JAE P-6 B	2,27	2,17	2,41	4,6
	# n.º 4		NP-954/73	2,15	2,1	2,21	2,3
			LNEC E-15	-	-	2,49	-
	grosos	Porosos	JAE P-6 A	1,17	0,78	1,28	49,7
Compactos		JAE P-6 A	1,61	1,17	2,07	37,0	
19/87 Vermelha	3/8		JAE P-6 A	1,73	1,39	2,11	24,7
	3/8		JAE P-6 B	2,09	1,8	2,54	16,2
	# n.º 4		NP-954/73	2,31	2,09	2,72	11,1
			LNEC E-15	-	-	2,54	-

δ'_h - Massa volúmica das partículas saturadas com superfície seca.

δ_s - Massa volúmica das partículas secas.

δ_h - Massa volúmica do material impermeável das partículas.

3.4.3. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

3.4.3.1. DESGASTE DE LOS ANGELES

O calculo da resistência ao desgaste dum agregado através da maquina de Los Angeles [15] envolve a selecção de um dos sete fusos granulométricas especificados e nesse caso a realização do ensaio satisfazendo com as exigências que a mesma norma indica para aquele fuso, designadamente no que se refere ao número de esferas, número de rotações por minuto e quantidade de material a utilizar no ensaio.

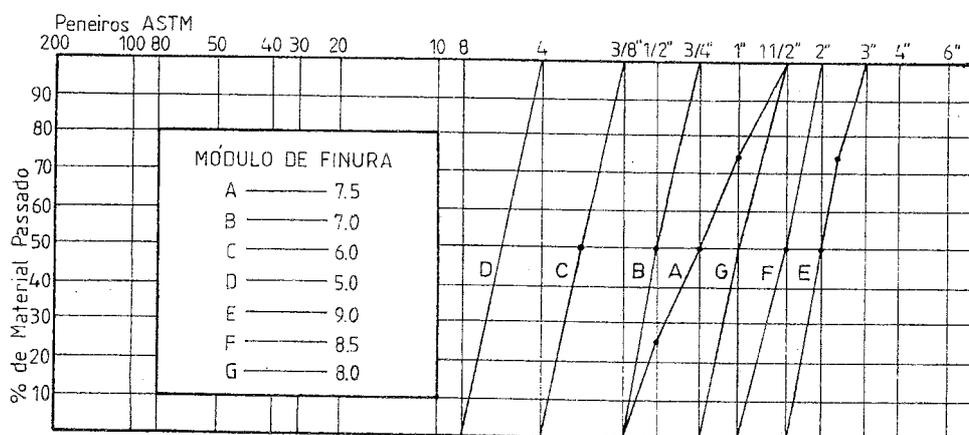


Figura 3.1 – Curvas granulométricas especificadas do ensaio LA e respectivos módulos de finura [15].

Com intuito de analisar a interferência da granulometria do material no valor do desgaste, efectuaram-se para cada amostra determinações do desgaste de Los Angeles, segundo especificação E-237 do LNEC [20].

Relativamente à análise dos valores auferidos para as diferentes amostras, verifica-se que a escória (amostra 10/87) contém um desgaste notavelmente superior ao das restantes, expondo valores que superam os 70% nas fracções mais grossas. A que apresenta desgaste inferior é a da jazida da amostra 19/87 com um valor médio que roda os 30%, seguida da amostra vermelha do 1/87 com valores médios da ordem dos 35%, sendo de cerca de 40% o valor médio do desgaste da amostra preta. Estas médias condizem sensivelmente

aos valores obtidos para a granulometria A, a qual, por ser a mais ampla a possuir um módulo de finura intermédio relativamente ao das granulometrias extremas indicadas na especificação E-237, poderá ser encarada como a que mais se avizinha da granulometria integral das escórias analisadas. A interferência da granulometria nos resultados de LA faz-se sentir visivelmente com a mesma intensidade nas 4 amostras ensaiadas [15].

Quadro 3.5 – Perdas por desgaste na máquina de LA segundo a especificação E 237 do LNEC e utilizando esferas em todas as granulometrias de ensaio [15].

Fuso de ensaio	A	B	C	D	E	F	G
Módulo finura	7,5	7,0	6,0	5,0	9,0	8,5	8,0
N.º esferas	12	11	8	5	12	12	12
126/86	36 %	35 %	28 %	27 %	44 %	45 %	42 %
1/87	42 %	39 %	31 %	27 %	46 %	47 %	45 %
10/87	72 %	72 %	63 %	44 %	77 %	77 %	78 %
19/87	29 %	29 %	25 %	42 %	42 %	37 %	34 %

3.4.3.2. ESMAGAMENTO

Foi também realizada uma análise às características da resistência das escórias ao esmagamento [15]. Para ISO, submeteram-se as 4 amostras a um ensaio de esmagamento com base na especificação E154 do LNEC [9A], em relação à qual se inseriram algumas modificações de modo a viabilizar a execução do ensaio com os meios disponíveis.

A prensa que foi empregue não permitiu ajustar com precisão a velocidade de aplicação da força e o correspondente êmbolo, com a restrição de curso que tem, não contém uma “folga” razoável para se alcançar a força máxima de 40tf esperada na especificação, por outro lado, a “folga” referida também incapacita a execução do ensaio com o provete de 18cm de altura como é indicado na especificação, visto que a altura do “ provete + êmbolo” é levemente superior à “folga” máxima da prensa [15]. Logo, todos os ensaios

foram realizados com provetes com aproximadamente 15cm de altura, sendo a velocidade de aplicação da força regulada manualmente sem grande precisão, tentando cumprir o melhor possível o ritmo de carregamento de 65 kgf por segundo, fixando-se a carga máxima em 20 tf [15].

Quanto à granulometria do ensaio utilizou-se material compreendido entre 12.7 mm e 19.1 mm, tendo-se estabelecido a percentagem de material friável ponderando o material passado no peneiro de 3.18 mm de abertura. Embora a falta de rigor presente na realização do ensaio seja patente, notou-se que parece cumprir-se uma certa correlação entre a percentagem de material friável e a percentagem do desgaste de Los Angeles em cada amostra [15].

Realmente, foi a amostra da 10/87 a que sofreu maior esmagamento (75%) e acentuadamente superior ao das restantes amostras, para as quais se obtiveram valores compreendidos entre 42% e 48%. O caso dos valores do esmagamento e do desgaste Los Angeles auferidos para cada amostra serem da mesma ordem de grandeza, parece denotar que o desgaste de Los Angeles poderá vir a ser um bom indicativo da maior ou menor resistência que as escórias vulcânicas contrapõem ao esmagamento [15].

Quadro 3.6 – Resultado do ensaio de esmagamento das 4 amostras [15].

AMOSTRAS	126/86	1/87	10/87	19/87
Fracção ensaiada	12,7-19,1	12,7-19,1	12,7-19,1	12,7-19,1
% de material friável	45 %	48 %	42 %	75 %

3.4.3.3. GRANULOMETRIA

Para a realização dos diferentes ensaios em laboratório, houve necessidade de se executar diversas colheitas de material de cada uma das jazidas em estudo. Apesar de ter havido a preocupação de obter amostras representativas do material normalmente extraído para aplicação em estradas, às diferentes colheitas correspondem variações mais ou menos sensíveis nas curvas granulométricas [15]. A dispersão aferida é devida particularmente à

heterogeneidade do material, cúmplice da estratificação patente em determinadas jazidas, tendo ainda em conta que o facto de ter existido um intervalo de tempo importante entre algumas das colheitas pode actuar com que estas derivem de frentes de exploração diferentes quando as jazidas se encontram em exploração caso da amostra 19/87 e a 1/87 [15]. Omitindo esta dispersão e ponderando uma curva média como expressiva do material retirado da jazida, verificou-se que as curvas granulométricas relativas ao mesmo cone vulcânico (126/86, 1/87 e 19/87) contêm um “andamento” mais ou menos idêntico. Tal facto não se verifica com a curva da 10/87, a qual é mais ampla e mais contínua, contendo à partida elementos de dimensões superiores a 3” e mais finos que as outras [15].

As especificações fixam para o material granular um certo fuso granulométrico com o objectivo de fazer com que o material aplicado em obra gere uma camada com determinadas características previstas de compacidade e resistência, estando por detrás desta imposição que a granulometria do material não altera com a sua aplicação em obra.

Nas escórias vulcânicas em estudo, este princípio carece de sentido, visto que, em obra, após sua utilização, o material sofre variação da granulometria, modificação essa que se reproduz em outras características, como é o caso da resistência ao desgaste de Los Angeles. Para ter uma percepção dessa variação granulométrica, efectuaram-se em laboratório 2 tipos de ensaios propensos a verificar a evolução da granulometria com a energia de compactação, um com as amostras integrais recolhidas das jazidas e outro com a fracção de material passado no peneiro $\frac{3}{4}$ ” (19.1mm). A fracção fina pertence, nas amostras em estudo, a menos de 65% do material integral recolhido das jazidas, chegando a ser apenas 45% na escória da 10/87. Sendo assim, os resultados obtidos não poderão, em princípio, ser apenas directamente ao material integral. A evolução granulométrica desta fracção fina servirá pois, apenas para avaliar qualitativamente esta característica das escórias vulcânicas em cada uma das amostras ensaiadas. No entanto é de esperar que a evolução granulométrica obtida para a fracção fina seja inferior à verificada para o material integral, uma vez que o desgaste das partículas é tanto menor quanto mais fina é a granulometria do material [15].

Compreende-se então que a evolução adquirida com o material integral não fosse, em todas as amostras, superior à evolução verificada na fracção fina, tal como primitivamente se aguardava atendendo a que as partículas de maiores dimensões oferecem menor resistência ao desgaste (e ao esmagamento) do que os elementos mais finos.

4. CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS DE BAGACINA

4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO PRODUTO

4.1.1. GENERALIDADES

A evolução social e económica, propiciou nos últimos 60 anos a evolução rápida das exigências de desempenho da construção em geral, e particularmente a das alvenarias. Essas exigências de desempenho foram acompanhadas também pela evolução industrial, nem sempre com sucesso, proporcionando o aparecimento de novos materiais e novos conceitos de interligação entre os agentes ligados à construção.

Em Portugal nos últimos cinquenta anos assistiu-se a uma transformação radical do modo de se construírem as alvenarias dos edifícios, passando-se do conhecimento empírico adquirido durante séculos para resolver as suas singularidades, para o conhecimento científico rapidamente determinado e definido em função das exigências do mercado. Conhecimento este que, depois de transformado em soluções e produtos, na maior parte dos casos não foi testado antes de colocado no mercado [21].

A evolução recente da utilização de blocos de bagacina dos edifícios de habitação e industriais nos Açores que, devido à procura do mercado, evoluíram da parede de pedra até às recentes paredes simples ou duplas incorporando vários componentes que foram cientificamente estudados como por exemplo: o isolamento, as barreiras pára vapor, a meia cana impermeabilizadas, a ventilação da caixa-de-ar, o escoamento da água e a correcção das pontes térmicas, contribuíram para o desenvolver de uma construção sustentada, mas não tendo o mesmo realce que o blocos de bagacina que não foram cientificamente estudados nem suficientemente comprovados antes da sua divulgação massificada na área.

Os blocos de bagacina são um produto que resulta da mistura de um agente ligante com uma carga de agregados, chamadas bagacinas, escórias vulcânicas.

As crescentes preocupações com os custos de construção com a sua racionalização, com os cumprimentos e prazos, com a qualidade e durabilidade do trabalho, com as questões de transporte e utilização dos meios da terra, incitaram o as tecnologias para produção industrial de blocos de bagacina nas ilhas.

4.1.2. CONCEPÇÃO E PROJECTO PARA ALVENARIAS

Na concepção de alvenarias em Portugal e principalmente nas ilhas os efeitos dos sismos sobre as estruturas dependem de inúmeros factores e, frequentemente, são de interpretação difícil. Os danos podem ser atribuídos não apenas à intensidade e as características dinâmicas do sismo, mas também à localização do edifício e às condições geológicas do local, à articulação estrutural e não-estrutural da construção, à sua morfologia, ao tipo de fundações, aos materiais de construção, ao estado de manutenção da construção, ao respeito pela regulamentação sísmica, etc. As características principais que garantiram a sobrevivência às acções sísmicas de inúmeras construções em alvenaria até aos dias de hoje foram a regularidade da forma e construção da estrutura, com a capacidade de resistir à acção sísmica e o emprego de materiais de construção aptos a fornecer a resistência necessária para resistir a acção sísmica [22].

Em Portugal, em 1755, o terramoto de Lisboa ilustrou os efeitos de um sismo de intensidade elevada e resultou numa forma de construção dúctil e “armada” com elementos de madeira: a Gaiola Pombalina.

Outras soluções para a melhoria da resposta à acção dos sismos das estruturas de alvenaria foram propostas: tirantes e varões nas juntas (em ferro), ligadores, tijolos “anti-sísmicos” com sistemas de cavilha, etc. No entanto, a frequência, normalmente reduzida, da ocorrência de sismos num mesmo local, os conhecimentos técnico-científicos limitados, as condicionantes económicos dos proprietários e a ausência de regulamentação conduziram à repetição dos efeitos devastadores dos terramotos. No início do século XX, três terramotos de grande intensidade, contribuíram fortemente para a opinião empírica e indiscriminada de que as alvenarias não resistem aos sismos, tendo as estruturas resistentes sido substituídas por estruturas de aço e betão armado (materiais que possuem uma resistência à tracção elevada) [22].

De forma a tornar a alvenaria resistente competitiva nos países desenvolvidos, ela deverá ser encarada não apenas como um material estrutural mas como uma solução construtiva [18], que contempla os aspectos estruturais, estéticos, acústicos, térmicos, de resistência ao fogo e de impermeabilização. A consideração simultânea dos aspectos estruturais, construtivos e estéticos implica interação efectiva entre dono-de-obra, arquitecto e engenheiro, o que nem sempre é fácil de conseguir.

No Norte de Portugal, a cantaria de granito é tradicional e continua a ser realizada com relativa pouca expressão. A pedra natural é um material de construção caro mas em soluções à vista, a alvenaria parece ser competitiva face à placagem em pedra [36]. Por outro lado, para a realidade portuguesa, verifica-se que os trabalhos de alvenaria, incluindo os respectivos rebocos, correspondam a cerca de 13 a 17 % do valor total da construção [22], o que representa anualmente um valor entre 500 e 1000 Euro [18]. Este valor só é ultrapassado pelas estruturas de betão. Finalmente, um estudo recente [18], demonstrou que para edifícios de pequeno porte, a alvenaria estrutural é competitiva face à solução tradicional em estrutura reticulada de betão armado. Estranhamente, face a estas observações, as aplicações de alvenaria estrutural com base nos aspectos modernos de segurança e cálculo estrutural são praticamente inexistentes em Portugal, onde praticamente todos os edifícios de habitação são realizados com estrutura reticulada de betão armado. Noutros países desenvolvidos, a utilização da alvenaria estrutural nos últimos decénios não sofreu um declínio tão grande e prolongado no tempo. Após a turbulência da primeira metade do século XX, a alvenaria estrutural soube adaptar-se às novas exigências tecnológicas e estéticas da arquitectura contemporânea, mantendo uma posição relevante no mercado.

A inexistência de regulamentos e normas para alvenaria que disciplinem o dimensionamento da alvenaria, à parte de outras motivações tecnológicas e decisões arquitectónicas, constituiu de facto, a razão principal para limitar a sua utilização. Os únicos critérios de dimensionamento aplicáveis até aqui eram de natureza empírico – intuitiva e tinham origem na experiência adquirida ao longo do tempo, com base em metodologias de cálculo aproximadas, num formato de segurança desactualizado, e fortemente penalizadoras do ponto de vista económico. A consequência mais negativa da

inexistência de regulamentos e normas era a generalização que o projectista era forçado a fazer em face da multiplicidade das tipologias de alvenaria resistente existentes, baseadas em materiais e aparelhos muito distintos.

Esta situação encontra-se agora profundamente alterada na generalidade dos países, com a entrada em vigor de normas que regulamentam o projecto e a execução de edifícios em alvenaria resistente. Em particular, as características tecnológicas e físico-mecânicas da alvenaria e dos seus elementos construtivos foram oportunamente regulamentadas a nível europeu [22].

O processo de projectar um edifício em alvenaria apresenta algumas particularidades em função dos aspectos tecnológicos e estruturais. Como aspectos mais relevantes sobre a concepção referem-se [23]:

- A existência de algumas restrições relativas à versatilidade dos espaços e à forma da construção;
- O facto dos aspectos construtivos, usualmente desvalorizados em projecto corrente, serem salientados;
- A opção sobre uma solução estrutural em alvenaria necessita de ser tomada na fase de programa base.

Estes aspectos estão directamente ligados com a tipologia da construção em alvenaria, que possui as seguintes características [23]:

- Elementos verticais contínuos, designados por paredes;
- Uma associação coerente de volumes;
- A existência de paredes divisórias no interior.

Dos diversos intervenientes na fase de elaboração dos projectos de execução e, essencialmente, na fase de construção em que, na maior parte dos casos, é necessário proceder à elaboração de alterações e variantes durante a realização da obra, cuja

realização final se traduz geralmente num aumento de custos ou reviravoltas incongruentes do projecto original.

A elaboração adequada de um projecto deveria implicar o conhecimento, desde a fase de concepção do edifício, das limitações impostas por qualquer técnica construtiva ou solução estrutural. A decisão de utilizar uma solução em alvenaria deverá sempre ser tomada à partida (com o início do projecto de arquitectura). Nomeadamente, a principal característica tipológica de um edifício em alvenaria é a presença de elementos verticais contínuos, geralmente rectilíneos, constituídos por divisórias de alvenaria destinados a resistir às acções que actuam sobre o edifício, ligados em cada piso a um sistema de elementos horizontais que transmitem acções verticais e distribuem as acções horizontais, numa associação coerente de um sistema de volumes de forma [23].

A definição numa fase preliminar do projecto deve ser adoptada para o controlo das dimensões das paredes em planta e em alçado, de forma a retirar o máximo proveito da modularidade de construção em alvenaria, evitando ao máximo os cortes das unidades elementares. Isto é essencial no caso de paredes de face à vista, representando uma boa prática de projecto / concepção em todos os casos.

Os projectos de edifícios e de obras de construção em alvenaria simples, armada, pré-esforçada e confinada, executada com as seguintes unidades de alvenaria de forma regular, assentes com argamassa de areia natural ou britada, ou de inertes leves é deliberada pelo Eurocódigo 6 erigindo um suporte genérico [23].

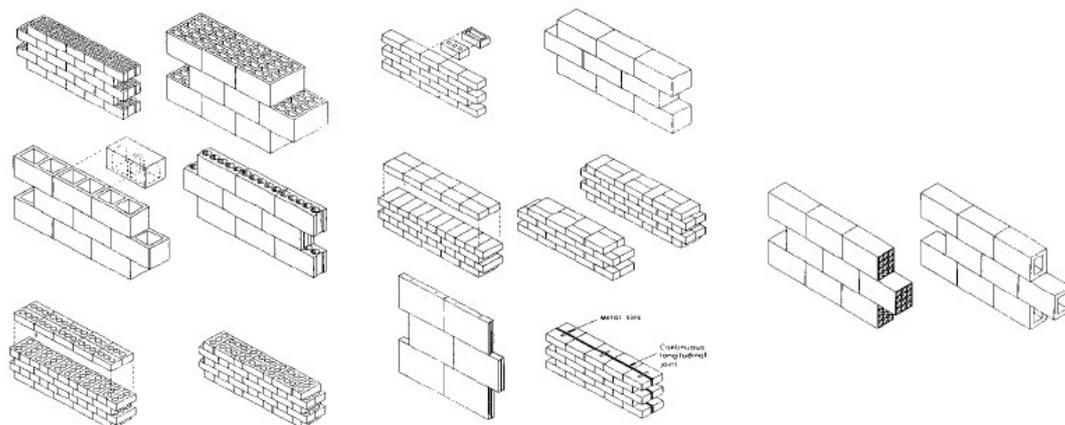


Figura 4.0 – Exemplos de alvenarias.

Um requisito fundamental do projecto é que as estruturas devem ser projectadas e construídas de modo a que possam suportar todas as acções relevantes.

Com esse objectivo, adoptam-se valores de cálculo para as propriedades dos materiais, dividindo os valores característicos por um factor de segurança parcial. O Eurocódigo 6 define os valores destes coeficientes parciais de segurança entre 1.5 e 3.0, em função do controlo da execução e da produção das unidades elementares, com a excepção das acções acidentais.

4.2. CONSTITUIÇÃO DO PRODUTO, BLOCOS DE BAGACINA

Na construção de blocos de betão, o doseamento e a mistura de matérias-primas especificadas em normas e realizadas em fábricas deverá ser efectuada de modo cuidado, tentando aperfeiçoar o material a desenvolver.

Por sua vez, a construção dos blocos de bagacina, esse cuidado é irreflectido do modo como se faz o fabrico, não existindo dosagens certas de inertes, ligantes ou água de acordo com as normas ficando à mercê do trabalhador que está a realizar a argamassa.

A exploração de inertes nos cabeços da ilha do Pico é uma actividade que vem sendo praticada desde há longos anos. Deste modo a extracção de bagacinas para a utilização nos diversos métodos construtivos é constante.

A sua extracção é efectuada por meio de crivagem, que depois de seleccionada em termos de granulometria é colocada em local próprio no estaleiro para a sua utilização.



Figura 4.1 – Extracção de bagaço em monte.



Figura 4.2 – Extracção e crivagem de bagaço em cabeços.



Figura 4.3 – Transporte de bagacinas para a linha de fabrico/central de betonagem.

A bagacina é transportada através de um tapete até à central de betonagem para se realizar a argamassa para o molde.



Figura 4.4 – Colocação das bagacinas na central de fabrico

Depois de colocar os agregados de bagaço na central, junta-se o ligante a um traço de 1:6, ficando alguns segundos a fazer a mistura dos dois componentes.



Figura 4.5 – Mistura dos agregados de bagaço com o ligante.

Depois de os agregados e o ligante serem misturados durante um determinado tempo, juntam água à dosagem para assim realizar a argamassa para se poder fabricar os blocos de bagacina. Há que notar que a quantidade de agregados é fornecida por uma marca na central, tendo a cuba um diâmetro de 1,50 metros e a marca de enchimento de agregados de 0,30 metros. A dosagem de água é definida pelo trabalhador que está encarregue de executar a tarefa, inserindo 3 baldes de água em cada traço de massa efectuada na cuba.

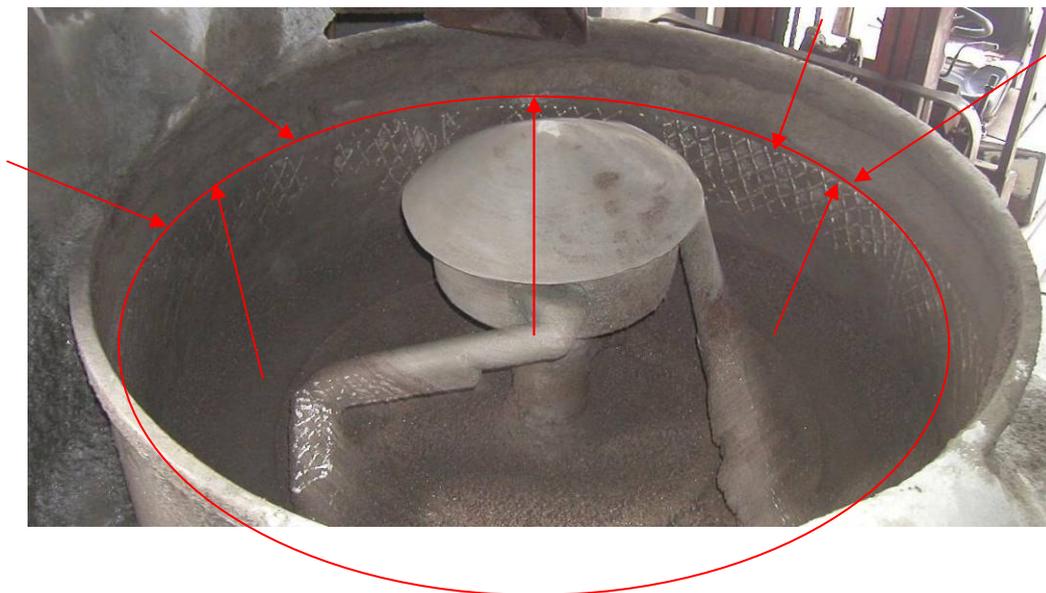


Figura 4.6 – Quantidade de agregados para a realização da argamassa.



Figura 4.7 – Mistura de água na amassadura de agregados com o ligante.

Deste modo, o trabalhador vai acrescentando água à necessidade da própria argamassa definida pelo mesmo, não havendo um controlo efectivo do mesmo. Seguidamente, após achar que a argamassa está pronta, existe um empilhador que irá recolher a argamassa e colocá-la na máquina que efectua os blocos, conforme a figura 4.8.



Figura 4.8 – Recolha da argamassa e colocação na máquina de fabrico dos blocos.

Deste modo, a máquina vai fabricando os blocos ao longo do armazém nas necessidades e pedidos efectuados à empresa.



Figura 4.9 – Fabrico dos blocos.

Depois de secos, são recolhidos, colocados em paletes e prontos para serem vendidos, sem qualquer ensaio que satisfaça as normas.



Figura 4.10 – Armazenamento dos blocos.

Deste modo, irão ser comercializados para os diversos fins da construção civil, muros, paredes divisórias, paredes exteriores e outros, conforme figuras anexas.



Figura 4.11 – Utilização de blocos em diversas obras.

5. ESTUDO EXPERIMENTAL

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO EXPERIMENTAL

5.1.1. OBJECTIVOS E METODOLOGIAS

O objectivo deste estudo passa por avaliar o desempenho ao longo do tempo dos blocos de bagacina, de modo a aferir a sua durabilidade.

Tendo como base um produto comercializado nas Ilhas do Açores, recorrendo a ensaios laboratoriais avaliando as solicitações de carácter mais expressivo na evolução ao longo do tempo das principais características e competências capazes de contribuir para as imposições funcionais do mercado e da construção.

Deste modo, a metodologia deste trabalho consiste na avaliação de certas propriedades dos blocos no seu estado inicial e após ser submetido a determinados ciclos de envelhecimento artificial acelerado.

Apesar de se efectuar os ensaios de avaliação da sua capacidade de resistir a certos ambientes, temos que ter a noção que este material de blocos de bagacina é um produto recente, e que as temperaturas e as humidades nas Ilhas normalmente são bastante estáveis durante o ano todo, deste modo os materiais não estão tão sujeitos às modificações ambiental como o continente.

Deste modo, a temperatura média anual do ar é aproximadamente os 17°C (63°F), variando entre os 13°-14°C (55°-57°F) de média nos meses mais frios (Janeiro/Fevereiro) e os 22°-23°C (72°-73°F) nos mais quentes (Julho/Agosto) [<http://www.casaldovulcao.com/localizacao.htm>, 14] e a sua humidade relativa média anual situa-se nos 80 % e a humidade relativa máxima média nos 98 % [<http://www.climaat.angra.uac.pt>, 14].

5.1.2. PROPRIEDADES AVALIADAS

As propriedades avaliadas estão directamente relacionadas com o desempenho ao longo do tempo das matérias, consequentemente dos blocos de bagacina. Sendo a durabilidade consequente do tempo de avaliação, a sua análise é limitada. Deste modo, apenas seleccionamos as que condicionam e satisfaçam as exigências funcionais do que queremos demonstrar.

Sendo assim, observando as questões da durabilidade ao conjunto de anomalias que puderam surgir com mais frequência neste tipo de material, as características que nós sugerimos dissecar foram as seguintes: resistência à compressão, massa volúmica, dimensões dos provetes, absorção de água por capilaridade, percentagem de furação em blocos, planeza das faces.

Nos quadros seguintes apresenta-se uma sinopse das características e comportamento, dos procedimentos e referências normativas tidos como base e os tipos de provetes utilizados necessários aos ensaios.

Quadro 5.0 – Características avaliadas nos blocos de bagacina – Ensaio realizados em laboratório.

Características	Referências normativas / Procedimentos	Suporte de ensaios
Determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca de blocos	NP EN 772-13	Provetes, blocos de bagacina
Determinação das dimensões	NP EN 772-16/2002	Provetes, blocos de bagacina
Coefficiente de absorção de água por capilaridade	NP EN 772-11:2002	Provetes, blocos de bagacina
Determinação da percentagem de furação em blocos	NP EN 772-2:2001	Provetes, blocos de bagacina
Determinação da planeza das faces dos blocos para alvenaria	NP EN 772-20	Provetes, blocos de bagacina
Determinação da resistência à compressão	NP EN 772-1	Provetes, blocos de bagacina

5.1.3. PRODUTOS E SUPORTES DE ENSAIOS

Para este estudo foram utilizados blocos de bagacina trazidos da Ilha do Pico para o Continente, comercializados na zona de produção, para diminuir os custos de construção das Ilhas. Deste modo, evita-se a compra e o transporte deste tipo de material.



Figura 5.0 – Blocos de Bagacina a ensaiar.

5.2. ANÁLISE E RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS DOS BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO ANTES DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ENVELHECIMENTO

5.2.1. ENSAIOS REALIZADOS EM BLOCOS DE BAGACINA

5.2.1.1. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA REAL SECA E DA MASSA VOLÚMICA APARENTE SECA DE BLOCOS [NP EN 772-13:2000].

O princípio deste ensaio caracteriza-se pela secagem dos blocos até uma massa constante, determinação dos volumes real, aparente e o cálculo das massas volúmicas seca, real e aparente.

Os conceitos utilizados são definidos do seguinte modo:

- Massa volúmica aparente seca – massa por unidade de volume aparente após secagem até massa constante;
- Volume aparente – volume do bloco determinado a partir do seu comprimento, largura e altura, deduzido do volume das perfurações, furos, reentrâncias ou saliências, destinados a serem preenchidos com argamassa;
- Massa volúmica real seca – massa por unidade de volume real após secagem até massa constante;
- Volume real – volume aparente do bloco deduzido do volume das perfurações ou furos, destinados a não serem preenchidos com argamassa.

Mecanismos utilizados para a realização do ensaio foram os seguintes:

- Estufa ventilada capaz de manter a temperatura de $70\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, para blocos de betão de agregados e de betão “face à vista”;
- Balança capaz de pesar um bloco inteiro ou porções deste, com uma exactidão de 0,1 % da sua massa.

Na actuação do ensaio, a determinação da massa seca é efectuada com provetes de blocos inteiros. Deste modo, para a sua realização devemos secar os blocos até massa constante $m_{dry,u}$ (massa de um bloco inteiro (ou a massa correspondente ao bloco inteiro do qual foram retiradas três porções representativas) após secagem até massa constante, (g)), numa estufa ventilada à temperatura de $70\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para blocos de alvenaria de betão de agregados e de betão “face à vista”. A massa constante é atingida quando, durante o processo de secagem, em duas pesagens consecutivas com 24 horas de intervalo, a perda de massa entre as duas determinações não exceder 0,2% da massa total. Registrar a massa $m_{dry,u}$.

Na determinação da massa volúmica real seca, $\rho_{n,u}$ (massa volúmica real seca do bloco, (kg/m^3)), é utilizado a expressão:

$$\rho_{n,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{n,u}} * 10^6 \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

O cálculo da massa volúmica real seca de cada bloco inteiro com arredondamento a $5\text{ kg}/\text{m}^3$ para massas volúmicas até $1000\text{ kg}/\text{m}^3$ e, para massas volúmicas superiores, com arredondamento a $10\text{ kg}/\text{m}^3$. De seguida, calcula-se a média das massas volúmicas reais secas dos blocos.

Para o calculo da massa volúmica aparente seca, teremos de calcular o volume aparente do bloco $V_{g,u}$ a partir do comprimento, largura e altura (ver pr EN 772-16) subtraindo o volume das perfurações, furos, saliências e reentrâncias destinados a serem preenchidos com argamassa, determinado por um método de medição apropriado, com a exactidão indicada no pr EN 772-16.

Na determinação da massa volúmica aparente seca do bloco $\rho_{g,u}$, vamos dividir a massa seca obtida, pelo volume aparente $V_{g,u}$ do bloco:

$$\rho_{g,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{g,u}} * 10^6 \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

A massa volúmica aparente seca do bloco inteiro é expressa com arredondamentos a 5 kg /m³ para massas volúmicas até 1000 kg/m³ e, para massas volúmicas superiores, com arredondamento a 10 kg/m³. De seguida, efectua-se o cálculo da média das massas volúmicas aparentes secas dos blocos.

Quadro 5.1 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-13 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Blocos de Bagacina					
Provetes	Massa seca (g)	Volume Aparente (mm ³)	Volume Real (mm ³)	Massa vol. real seca (kg/m ³)	Massa volúmica aparente seca (kg/m ³)
1	18825	1499*10 ⁴	1210*10 ⁴	1555	1255
2	17740	1504*10 ⁴	1215*10 ⁴	1460	1179
3	17806	1503*10 ⁴	1214*10 ⁴	1466	1184
4	17675	1497*10 ⁴	1208*10 ⁴	1463	1180
5	17670	1500*10 ⁴	1211*10 ⁴	1458	1177
6	17615	1517*10 ⁴	1228*10 ⁴	1434	1161
Massa volúmica real seca, valor médio (Kg/m ³)				1473	
Massa volúmica aparente seca, valor médio (kg/m ³)				1189	

Temos que realçar que neste ensaio, observa-se que existe uma variação significativa entre a massa volúmica aparente seca dos blocos de bagacina. A variação do maior valor para o

menor valor é de 94 kg/m^3 , apresentando uma média da massa volúmica real seca de $1473 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$.

Para melhor compreensão, apresento o gráfico da determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca dos blocos de bagacina.

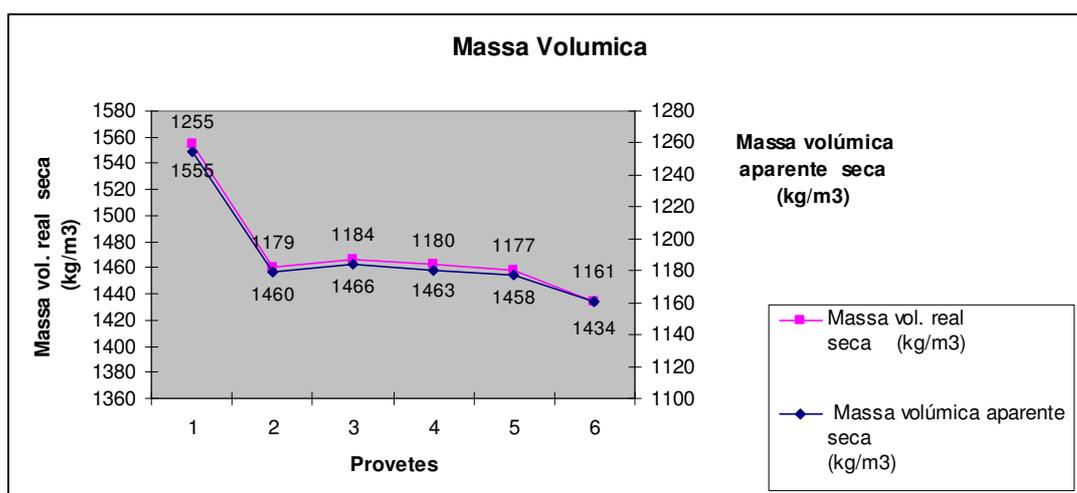


Gráfico 5.0 – Gráfico dos resultados dos ensaios das massas volúmicas.

5.2.1.2. DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES EM BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-16:2002]

O princípio deste ensaio é o seguinte: após preparação, o comprimento, largura e altura dos provetes, bem como a espessura dos septos exteriores e interiores são medidos com equipamento adequado.

O método de amostragem deve estar de acordo com a parte aplicável do pr EN 771. O número mínimo de provetes deve ser seis, mas quando a especificação do produto indicar um número superior, será este último que deve ser utilizado.

Antes de efectuar as medições, deve-se remover todos os materiais supérfluos aderentes ao bloco como resultado do processo de fabrico e assim obter o tratamento das superfícies.

Para o procedimento do ensaio, determina-se o comprimento (l_u – comprimento do bloco de alvenaria), a largura (w_u – largura do bloco de alvenaria) e a altura (h_u – altura do bloco de alvenaria), usando o procedimento a) abaixo, salvo se o procedimento b) for especificado na parte aplicável do pr EN 771.

a) Duas medições efectuadas serão próximas das arestas de cada provete nas posições indicadas na figura 5.1;

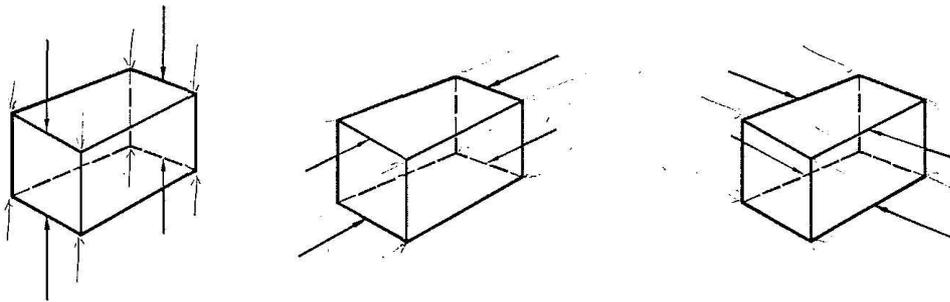


Figura 5.1 – Posição de medida.

b) Uma medição efectuada aproximadamente no centro de cada provete nas posições indicadas na figura 5.2.

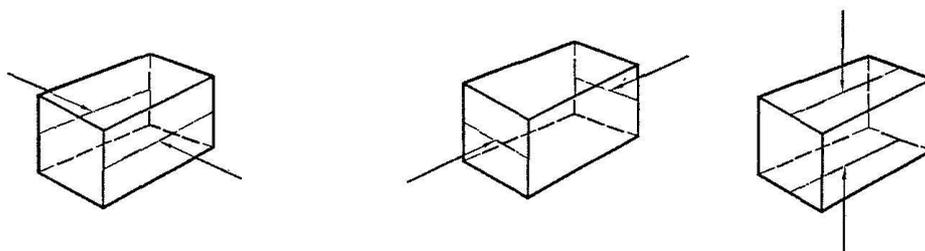


Figura 5.2 – Posição de medida.

Para provetes com superfícies irregulares (encaixes macho e fêmea, reentrâncias para manuseamento, etc.), determinar o comprimento, largura e altura usando o primeiro procedimento, sem considerar estas particularidades, conforme indicado na figura 5.3, salvo se for especificado de outro modo na parte aplicável do pr EN 771.

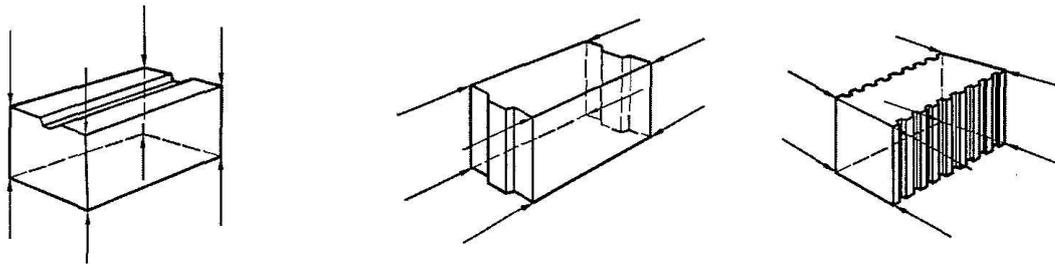


Figura 5.3 – Posição de medida.

Na espessura dos septos exteriores e interiores, quando especificado na parte aplicável do pr EN 771, deve-se medir em cada provete a espessura dos septos exteriores e interiores, para cada espessura de septos declarada. Medir em pontos precisos, em três posições separadas, de modo que os valores medidos sejam representativos da espessura mínima do septo exterior ou interior considerado. Apresentar os resultados da medição das espessuras dos septos exteriores e interiores de cada provete com arredondamento a 0,2mm.

Para a profundidade dos furos, quando especificado na parte aplicável do pr EN 771, deve-se medir a profundidade de cada furo que não atravesse o bloco de alvenaria, em duas posições diferentes. Apresentar o resultado de cada medição de profundidade com arredondamento a 0,5mm.

No cálculo e expressão dos resultados, se a primeira opção for a adoptada, calcular o comprimento (l_w), largura (w_w) e altura (h_w) de cada provete como a média das duas medições, expressa com arredondamento a 0,2 mm ou 0,5 mm dependendo da tolerância especificada na parte aplicável do pr EN 771 (ver quadro 3.6).

Se a segunda opção for a adoptada, exprimir o comprimento (l_w), largura (w_w) e altura (h_w) de cada provete com arredondamento a 0,2 mm ou 0,5 mm dependendo da tolerância especificada na norma. Calcular o comprimento, largura e altura da amostra como a média dos valores individuais dos provetes e exprimir o resultado com arredondamento a 0,5 mm quando o erro máximo de medição for 0,2 mm, e com arredondamento 1 mm quando o erro máximo de medição for 0,5 mm.

Calcular as médias das espessuras dos septos exteriores e dos septos interiores de cada provete com arredondamento a 0,2 mm, e a espessura dos septos exteriores e dos septos interiores da amostra como a média dos valores individuais dos provetes exprimindo o resultado com arredondamento a 0,5 mm.

Calcular a profundidade média de cada furo, se necessário, e apresentar o resultado com arredondamento a 4 mm. Calcular a profundidade dos furos da amostra como a média dos valores individuais dos provetes com arredondamento a 1 mm.

Quadro 5.2 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-16/2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Blocos de Bagacina					
Provetes	Comprimento médio (mm)	Largura média (mm)	Altura média (mm)	Espessura média dos septos exteriores (mm)	Espessura média dos septos interiores (mm)
1	501,8	153,3	195,5	37,6	40,0
2	500,8	151,7	198,6	38,1	40,0
3	500,6	151,6	198,1	37,5	39,7
4	501,2	151,4	197,8	37,4	38,8
5	499,8	151,6	196,9	37,2	39,3
6	500,1	151,4	199,2	37,3	39,3

Há que referir que a espessura dos septos exteriores e interiores é considerável, e que a sua variação é expressiva quando se utiliza moldes para se produzir tais materiais. A média da espessura dos septos exteriores é de 37,50 mm e dos septos interiores é de 39,42 mm.

Deste modo, apresentamos o gráfico 5.1. correspondente a este ensaio para melhor visualização dos resultados.

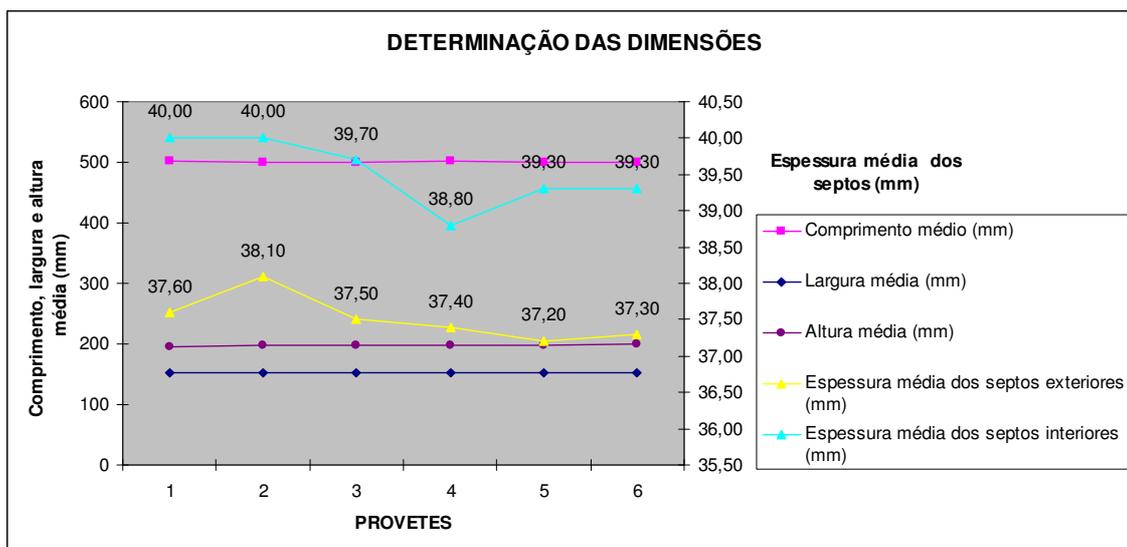


Gráfico 5.1 – Gráfico dos resultados dos ensaios da determinação das dimensões.

5.2.1.3. DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DE BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-11:2002]

O princípio deste ensaio é caracterizado da seguinte forma: após secagem até massa constante, uma face do bloco de alvenaria é imersa em água durante um período de tempo especificado e é determinado o aumento da massa.

No caso de blocos de alvenaria de betão de agregados, de pedra natural e de betão “face à vista”, é determinada a absorção de água da face exposta, tal como descrito na norma aplicável do produto.

Os mecanismos utilizados para o ensaio são uma tina grande com uma profundidade mínima de 20 mm e com área superior à área da face do bloco de alvenaria a imergir, e equipada com um dispositivo que permita manter a água a um nível constante. Um dispositivo de suporte de 400 mm² de área máxima, para manter cada provete sem contacto com o fundo da tina, um cronómetro graduado em segundos, uma estufa ventilada capaz de manter a temperatura de 70°C ± 5°C para blocos de betão de agregados, de pedra natural e de betão “face à vista” e uma balança capaz de pesar os provetes com uma exactidão de 0,1% da sua massa no estado seco.

Na amostragem dos blocos de bagacina para este ensaio, o número mínimo de provetes é de seis.

Deste modo, para se efectuar este ensaio, deve-se secar os provetes de ensaio até massa constante $m_{dry,s}$ numa estufa ventilada a uma temperatura de 70 °C ± 5 °C para blocos de betão de agregados, de pedra natural e de betão “face à vista”. A massa constante é atingida quando, durante o processo’ de secagem em duas pesagens consecutivas com 24 horas de intervalo, a perda de massa entre as duas determinações não exceda 0,1% da massa total.

Neste procedimento de ensaio, deve-se deixar os provetes arrefecer à temperatura ambiente, medir as dimensões das faces a imergir de acordo com o princípio da norma e calcular a sua área bruta (As). Colocar os provetes com as faces (face de assentamento no caso dos cerâmicos) sobre o dispositivo de suporte de 400 mm² de maneira a que elas não contactem com o fundo da tina, e fiquem imersas na água a uma profundidade de 5 mm ± 1 mm durante o ensaio. No caso dos blocos de alvenaria com faces muito irregulares, aumentar o nível de água, de maneira que toda a superfície da face fique por completo em contacto com a água.

Activar o cronómetro. Manter o nível de água sempre constante ao longo do ensaio. Para blocos de betão de agregados, de pedra natural e de betão “face à vista” cobrir a tina para evitar a evaporação da humidade dos provetes.

Após o tempo de imersão (t_{so}) especificado no pr EN 771-1, pr EN 771-3, pr EN 771-5 ou pr EN 771-6, remover os provetes, limpar a água superficial e pesá-los ($m_{so,s}$ – massa do provete após imersão durante um tempo t).

No cálculo e expressão dos resultados o coeficiente de absorção de água por capilaridade de cada provete terá arredondamentos a $1 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{s}^{0,5})$ utilizando a seguinte fórmula:

$$C_{w,s} = \frac{m_{so,s} - m_{dry,s}}{A_s * \sqrt{t_{so}}} \times 10^6 \left(\text{g}/(\text{m}^2 * \text{s}^{0,5}) \right)$$

Coef. De absorção por capilaridade = $\frac{\text{massa do provete após imersão} - \text{massa provete seco}}{\text{Área bruta da face do provete imersa em água} \times \sqrt{(\text{tempo imersão})}} \times 10^6$

Quadro 5.3 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Bloco de Bagacina				
Absorção de água por capilaridade				
Provetes	Área bruta da face do provete imersa em água (mm ²)	Massa do provete seco (g)	Massa do provete após imersão (g)	Coeficiente de absorção de água por capilaridade (g/(m ² *s ^{0,5}))
1	75702	18825	18945	65,71
2	76362	17740	17870	69,50
3	75910	17800	17975	94,12
4	75658	17675	17815	75,54
5	75646	17670	17790	64,76
6	76681	17615	17765	79,86
Tempo de imersão (seg)				600
Coeficiente médio de absorção (g/(m ² *s ^{0,5}))				74,92

Podemos analisar que existe uma variação significativa no coeficiente de absorção de água por capilaridade dos blocos de bagacina. Essa variação do maior valor e do menor valor é de $29 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{s}^{0,5})$.

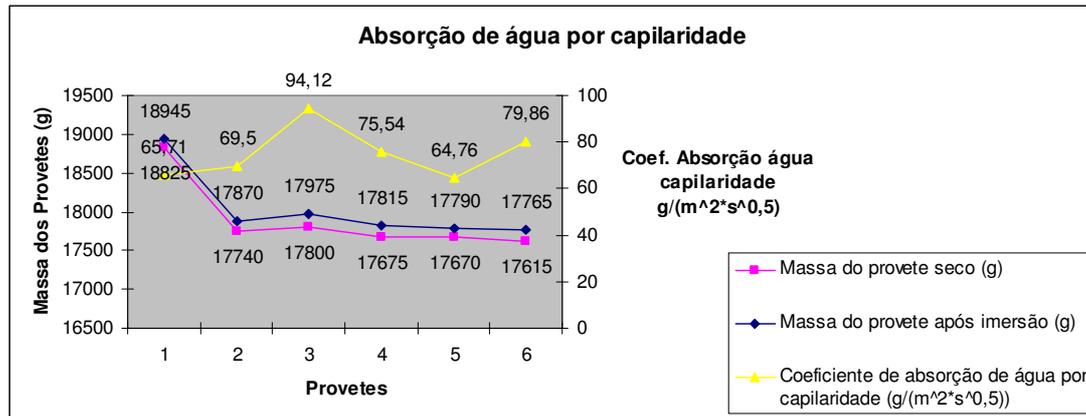


Gráfico 5.2 – Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade.

A apresentação do gráfico demonstra perfeitamente as diferenças que existem entre os vários provetes e os valores do coeficiente de absorção de água por capilaridade. Os provetes 1 e 5 são os que apresentam menor coeficiente de absorção contrastando com os provetes 3 e 6.

5.2.1.4. DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE FURAÇÃO EM BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-2:2001]

Neste ensaio após preparação dos provetes, as superfícies a ensaiar dos blocos são impressas em folhas de papel espesso. Medem-se as impressões, do contorno exterior das faces e do contorno dos furos, e calcula-se a percentagem de furação.

Os materiais a serem utilizados para a realização deste ensaio são: folhas de papel rígidas e espessas, com dimensões que excedam as do bloco em pelo menos 20 mm, em ambas as direcções.

Os Aparelhos que se utiliza neste ensaio são uma prensa de ensaio à compressão, um planímetro e uma balança com exactidão de 0,1 g.

Na preparação dos provetes o método de amostragem deve estar de acordo com o pr EN 771-3, sendo o número mínimo de provetes de seis.

No tratamento das superfícies deve-se remover todas as irregularidades salientes das superfícies a ensaiar dos blocos. Este procedimento vai permitir um ensaio mais rigoroso e fiável.

Nesta actuação de ensaio, a obtenção das impressões serão efectuadas da seguinte forma. Iremos colocar uma folha de papel sobre o prato inferior da prensa de ensaio à compressão, de seguida colocamos o bloco sobre o papel com a função na direcção vertical e se for necessário proceder ao ensaio simultâneo das duas faces, colocar uma segunda folha de papel na face superior do bloco. Depois, aplicamos urna força de aproximadamente 3 kN e marcamos o contorno das impressões que foram criadas em ambas as folhas de papel.

Deveremos medir a área total da face e as áreas dos furos de acordo com a medição pela geometria, ou pesar os correspondentes recortes de papel de acordo com a medição por pesagem. A medição pode ser efectuada pela geometria ou por pesagem.

A medição por geometria, para cada folha de papel determinar, utilizando o planímetro, a área total de furação da face A_p e a área total da face do bloco A_{pb} e registar os valores obtidos, arredondando-os aos 10 mm².

Por sua vez, se a medição for efectuada por pesagem, em cada folha de papel, recortar a área total da face do bloco e pesá-la com arredondamento a 0,1 g, de seguida, registar a massa, M_{pu} – Massa do papel recortado correspondente à área total da face do bloco (g).

Do recorte anteriormente obtido, que representa a área total da face do bloco, destacar por corte as áreas correspondentes à furação e pesá-la com arredondamento a 0,2 g. Registrar a massa, M_{pv} - Massa dos recortes de papel correspondente aos furos (g);

A expressão dos resultados é em determinação da percentagem de furação pela geometria ou pela furação por pesagem, conforme as formulas expressas em baixo.

Determinação da percentagem de furação pela geometria,

$$\frac{A_v}{A_u} \times 100$$

Determinação da percentagem de furação por pesagem,

$$\frac{M_{pv}}{M_{pu}} \times 100$$

Para o papel utilizado em cada face do bloco, determinar, se necessário, a média da percentagem de furação com arredondamento a 1%.

Quadro 5.4 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-2:2001 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Blocos de Bagacina			
Provetes	Mpv (g)	Mpu (g)	Percentagem de furação (%)
1	7,01	17,68	39,2
2	7,39	17,75	41,6
3	7,09	17,95	39,6
4	7,26	17,20	42,2
5	7,12	17,86	39,9
6	7,06	17,55	40,2

$$\text{Percentagem de furação} = \frac{M_{pv}}{M_{pu}} * 100$$

M_{pv} – massa das áreas correspondente à furação

M_{pu} – massa total da área do bloco

Neste ensaio, tanto as massas das áreas correspondentes á furação como as massas totais das áreas dos blocos variam. Na M_{pv} , a variação do maior e do menor valor é de 0,38 gramas e para M_{pu} a sua variação é de 0,75 gramas. A variação da percentagem de furação é de 3% entre o maior e o menor valor. Deste modo o gráfico demonstra as suas variações.

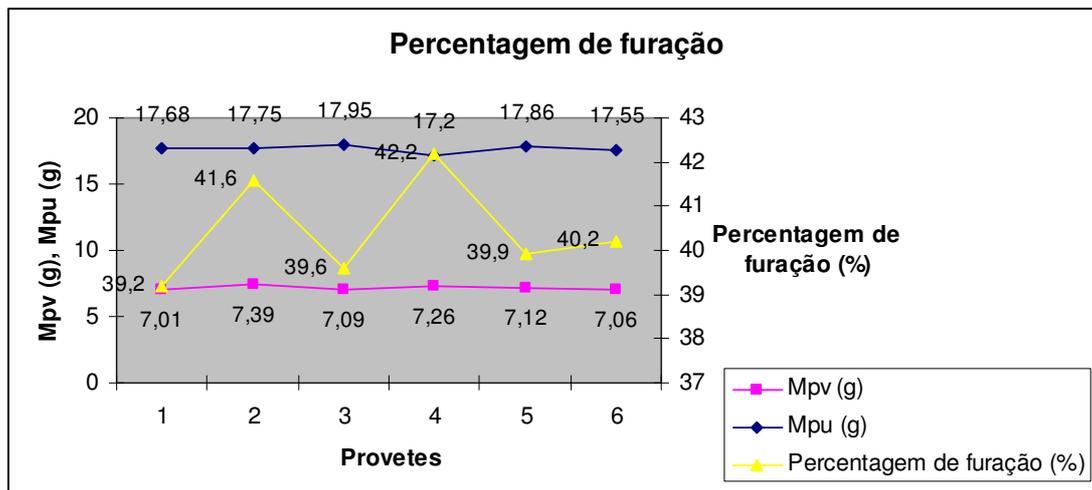


Gráfico 5.3 – Gráfico dos resultados da determinação da percentagem de furação.

5.2.1.5. DETERMINAÇÃO DA PLANEZA DAS FACES DE BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-20]

No ensaio de planeza, os aparelhos utilizados são uma régua graduada com comprimento superior ao da diagonal da maior face da amostra submetida a ensaio, e um conjunto de apalpa folgas capazes de medir com uma exactidão de 0,05 mm.

Na preparação dos provetes, o método de amostragem deve ser declarado no relatório de ensaio e o número mínimo de provetes é de seis, excepto se a norma de produto especificar um número superior.

Antes de efectuar as medições deve-se proceder ao tratamento das superfícies, removendo todos os materiais supérfluos aderentes ao bloco como resultado do processo de fabrico.

Neste procedimento de ensaio pretende-se assegurar que o bloco de alvenaria está posicionado de forma estável antes de efectuar as medições. Medimos os comprimentos das duas diagonais de cada face especificada como plana com uma régua graduada e um com arredondamento a 0,5 mm. De seguida, colocamos a régua graduada sobre cada diagonal sucessivamente, e, utilizando o apalpa folgas, medimos a distância entre a face do bloco de alvenaria e a régua graduada. Se a face do bloco de alvenaria for côncava medimos a maior distância entre a face e a régua, com arredondamento a 0,05 mm. Se a face do bloco de alvenaria for convexa, colocamos a régua graduada de tal forma que a maior distância em relação à face de cada lado do ponto de contacto seja aproximadamente igual. Para os dois casos, efectuar as medições com arredondamento a 0.05 mm.

No cálculo dos resultados e sua expressão, deve-se proceder ao cálculo do comprimento médio da diagonal, se as faces forem côncavas, calcular, para cada diagonal, o afastamento médio da planeza como a média das distâncias máximas entre a face do bloco de alvenaria e a régua graduada. Se as faces forem convexas, calcular, para cada diagonal, a média das distâncias máximas entre a face do bloco de alvenaria e a régua graduada e de seguida calcular o afastamento médio da planeza como a média desses dois resultados.

Na expressão dos resultados, deveremos exprimir o comprimento médio da diagonal com arredondamento ao milímetro e expressar a média dos afastamentos máximos de planeza com arredondamento a 0,1 mm.

Quadro 5.5 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-20 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Blocos de Bagacina										
Proveste	Diagonais (mm)				Média diagonais (mm)	Distância entre a face do bloco e a régua (mm)*				Média distâncias (mm)
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	533	533	534	533	533	<115 (Cv)	<1,40 (Cv)	<1,05 (Cv)	<1,00 (Cv)	1,2
2	536	532	530	537	534	<1,35 (Cc)	<0,75 (Cc)	<0,75 (Cv)	<0,50 (Cc)	0,8
3	535	532	532	535	533	<2,75 (Cv)	<0,35 (Cv)	<0,65 (Cv)	<1,35 (Cv)	1,3
4	532	535	535	530	533	<0,85 (Cv)	<1,25 (Cv)	<1,20 (Cv)	<1,45 (Cv)	1,2
5	534	532	531	535	533	<0,85 (Cc)	<0,55 (Cc)	<1,05 (Cv)	<1,05 (Cc)	0,9
6	530	534	530	530	531	<0,25 (Cc)	<1,05 (Cv)	<0,95 (Cc)	<0,85 (Cv)	0,8
Média das diagonais da amostra (mm)										532,8
Média das distâncias entre a face do bloco e a régua da amostra (mm)										1,0

*

Cv - convexa

Cc – côncava

5.2.1.6. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM BLOCOS DE BAGACINA [NP EN 772-1]

No princípio deste ensaio, é necessário regularizar e condicionar os provetes, para isso, antes de se realizar o ensaio, os provetes foram para a condição de “seco ao ar, armazenando as amostras em laboratório durante 14 dias a uma temperatura de ≥ 15 °C e uma humidade relativa de ≤ 65 %”. As amostras são colocados e centrados sobre o prato

da máquina de ensaio de compressão e é aplicada uma carga uniformemente distribuída e incrementada continuamente até à rotura.

Quadro 5.6 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Bloco de Bagacina						
Resistência Mecânica						
Provete	Dimensões (mm)			Áreas de rotura (mm ²)	Força de rotura (kN)	Tensão de rotura (N/mm ²)
	Comp.	Larg.	Altura			
1	501	152	198	76061	444,0	5,84
2	500	151	195	75474	393,7	5,22
3	501	152	202	75903	630,4	8,31
4	501	153	194	76738	705,7	9,20
5	500	151	200	75670	467,8	6,18
6	502	152	194	76339	365,3	4,79
Valor médio da tensão de rotura (kN)						6,59
Desvio padrão (kN)						1,77

No ensaio da resistência à compressão em blocos de bagacina, existem variações significativas tanto na força como na tensão de rotura dos provetes. A força à rotura apresenta uma média de 501,15 kN e a tensão de rotura uma média de 6,59 kN/mm². A variação máxima da força de rotura do maior e menor provete é de 340,4 kN, enquanto que para a tensão é de 4,41 kN/mm². Deste modo observamos discrepâncias bastantes significativas, para blocos do mesmo lote. Contudo, podemos reparar que o desvio padrão para os blocos de bagacina é percentualmente significativo, e quanto maior for, maior será a sua dispersão.

Para melhor compreensão, apresento o gráfico 5.4, de modo a visualizar melhor as variações existentes tanto para a força, como para a tensão de rotura.

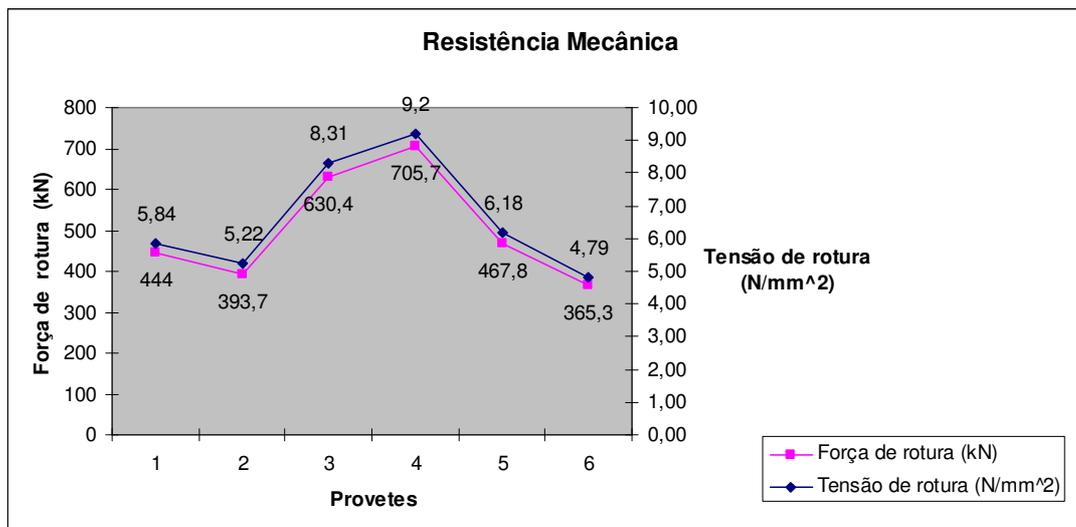


Gráfico 5.4 – Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência à compressão para blocos de bagacina.

5.2.2. ENSAIOS REALIZADOS EM BLOCOS DE BETÃO

Do mesmo modo que foram realizados os ensaios aos blocos de bagacina, também foi pedido à empresa que produz os blocos de betão os ensaios correspondentes ao mesmo tipo. Não foram disponibilizados todos, porque não efectuem tais ensaios. Deste modo o resultados apresentados serão dos ensaios de Determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca de blocos, Determinação das dimensões, Determinação da absorção de água por capilaridade de blocos para alvenaria e determinação da resistência à compressão em blocos.

5.2.2.1. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA REAL SECA E DA MASSA VOLÚMICA APARENTE SECA EM BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-13]

Este ensaio foi realizado pela empresa produtora e cumpre a norma correspondente. Em anexo junto a ficha técnica deste ensaio.

Quadro 5.7 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-13 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Blocos de Betão					
Provetes	Massa seca (g)	Volume Aparente (mm ³)	Volume Real (mm ³)	Massa vol. real seca (kg/m ³)	Massa volúmica aparente seca (kg/m ³)
1	17039	1471*10 ⁴			1160
2	16635	1454*10 ⁴			1140
3	17019	1467*10 ⁴			1160
4	16680	1462*10 ⁴			1140
5	17000	1461*10 ⁴			1160
6	16990	1457*10 ⁴			1170
Massa volúmica real seca, valor médio (Kg/m ³)					
Massa volúmica aparente seca, valor médio (kg/m ³)				1155	

Neste ensaio da determinação da massa volúmica aparente seca, os provetes apresentam valores aproximados, apresentando uma média de 1.115 (Kg/m³), e uma variação do maior para o menor de 30 (Kg/m³).

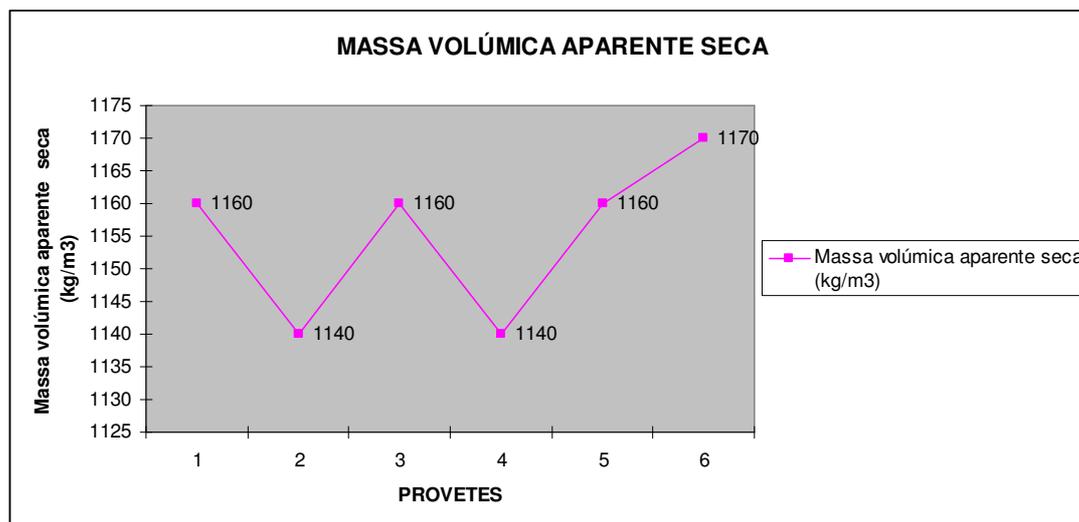


Gráfico 5.5 – Gráfico dos resultados dos ensaios da massa volúmica aparente seca para blocos de betão.

5.2.2.2. DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES EM BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-16:2002]

Neste ensaio vamos avaliar as dimensões dos blocos de betão, tentando visualizar as discrepâncias dos mesmos. É um ensaio importante, de modo que para compararmos valores de diferentes ensaios temos que utilizar materiais com dimensões idênticas.

Deste modo, o material usado para os blocos de bagacina e para os blocos de betão são de 500 mm X 200 mm X 150 mm.

Quadro 5.8 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-16/2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Blocos de Betão					
Provetes	Comprimento médio (mm)	Largura média (mm)	Altura média (mm)	Espessura média dos septos exteriores (mm)	Espessura média dos septos interiores (mm)
1	503,0	153	200,50	22,4	23,6
2	502,5	151	201,00	21,6	22,4
3	503,0	153	200,00	20,6	23,6
4	502,0	151	202,50	21,0	22,4
5	503,0	153	201,00	22,0	22,0
6	503,0	153	200,00	22,0	22,4

Podemos reparar que não existe variações significativas no comprimento, largura ou altura dos blocos. Em relação às espessuras dos septos interiores e exteriores, podemos reparar que existem variações mais significativas e que os seus valores são bem menores que as espessuras dos septos dos blocos de bagacina. Para melhor compreensão desta variação, apresentamos o gráfico dos resultados do ensaio das amostras.

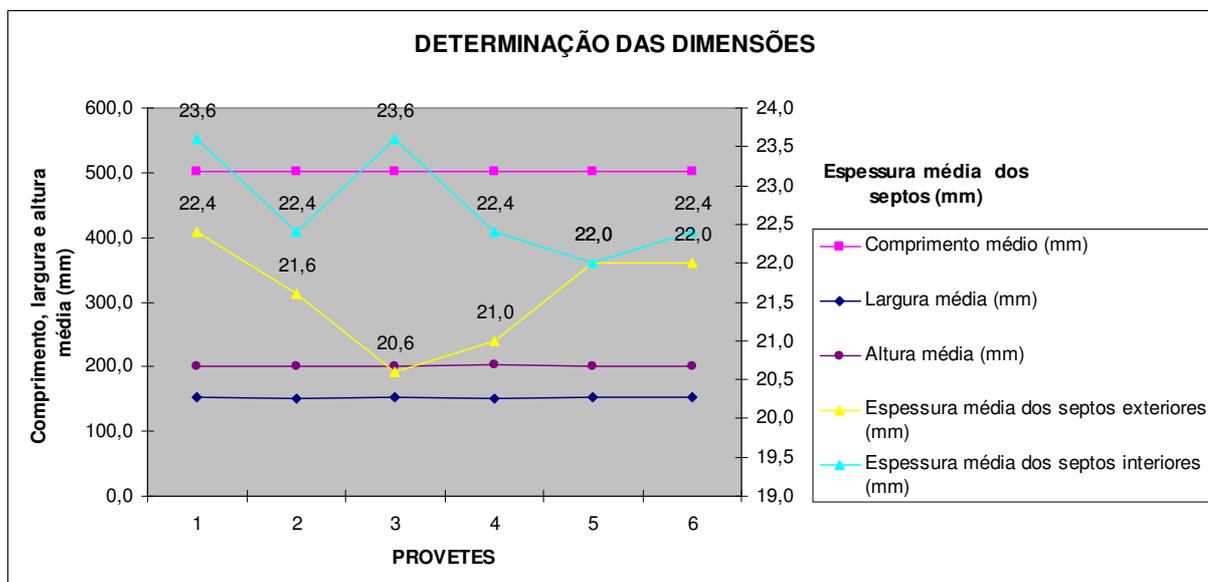


Gráfico 5.6 – Gráfico dos resultados dos ensaios da determinação das dimensões para blocos de betão.

5.2.2.3. DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-11:2002]

No ensaio da absorção de água por capilaridade, só foram disponibilizados os resultados para os blocos de betão pela firma produtora, respeitando a norma. Deste modo, a minha observância irá ser efectuada por esses valores, confiando nos dados fornecidos.

Quadro 5.9 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra Bloco de Betão				
Absorção de água por capilaridade				
Provetes	Área bruta da face do provete imersa em água (mm²)	Massa do provete seco (g)	Massa do provete após imersão (g)	Coefficiente de absorção de água por capilaridade (g/(m²*s^{0,5}))
1	3312,04	237	239	24,65
2	5277,21	301	305	30,94
3	5120,25	289	298	71,76
4	5424,13	315	318	22,57
5	5385,76	304	309	37,90
6	3541,32	251	254	34,58
Tempo de imersão (seg)				600
Coeficiente médio de absorção (g/(m ² *s ^{0,5}))				37,06

No ensaio da absorção de água por capilaridade de blocos de betão existem variações dos resultados apresentados. Estas variações são mais preocupantes no que respeita ao valor do 3 provete que apresenta um resultado duas vezes os dos restantes provetes.

Os provetes de bloco de betão apresentam uma média para a absorção de água por capilaridade de 37,06 (g/(m²*s^{0,5})).

Para facilitar a demonstração dos resultados aferidos, apresenta-se o gráfico 5.7 de modo a facilitar a sua visualização e compreensão.

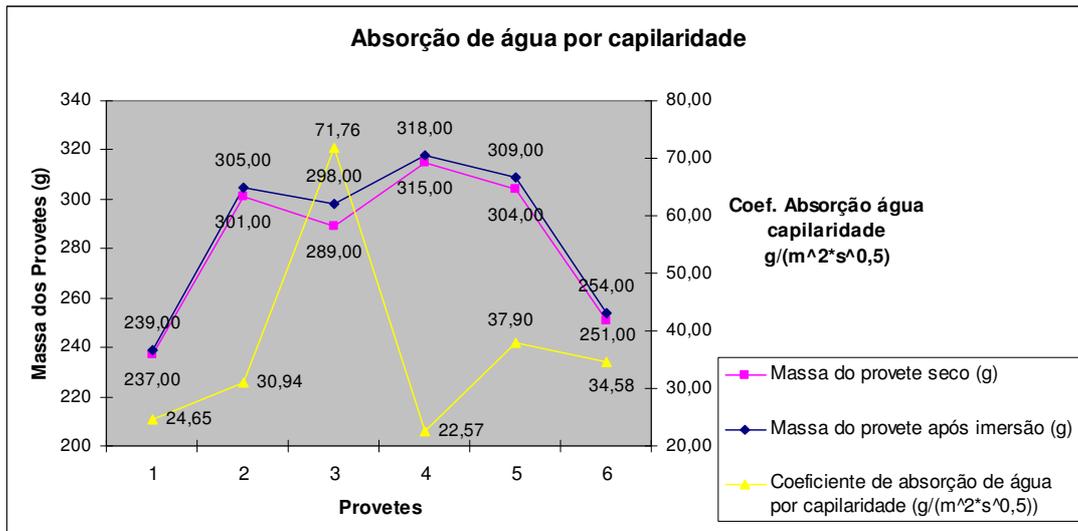


Gráfico 5.7 – Gráfico dos resultados dos ensaios da determinação da absorção de água por capilaridade em blocos de betão.

Após apresentação do gráfico, podemos observar que o provete número 3, aponta um aumento significativo da massa do provete seco para a massa do provete após imersão, aproximadamente duas vezes maior que as restantes amostras, demonstrando existir um comportamento algo anómalo deste provete.

5.2.2.4. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM BLOCOS DE BETÃO [NP EN 772-1]

No ensaio da resistência à compressão dos blocos de betão vamos avaliar o seu comportamento de modo a tentar perceber o seu desempenho. Deste modo, apresentamos os resultados do ensaio de acordo com a norma.

Quadro 5.10 – Ensaio realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Bloco de Betão						
Resistência Mecânica						
Provete	Dimensões (mm)			Áreas de rotura (mm ²)	Força de rotura (kN)	Tensão de rotura (N/mm ²)
	Comp.	Larg.	Altura			
1	500	150	200	73359	257,4	3,5
2	500	150	200	72314	272,3	3,8
3	500	150	200	73362	252,8	3,4
4	500	150	200	72205	294,1	4,1
5	500	150	200	72708	273,7	3,8
6	500	150	200	72825	266,1	3,7
Valor médio da tensão de rotura (KN)						3,72
Desvio padrão (KN)						0,25

Na avaliação deste ensaio, notamos que existe algumas variações de resultados da força de rotura e da tensão de cada amostra. Contudo, poderemos observar que os provetes 3 e 4 são os que apresentam maiores variações no que respeita à tensão de rotura e do mesmo modo para a força de rotura das mesmas amostras.

Também, podemos observar que os valores da tensão de rotura são aproximados, não havendo discrepâncias significativas entre eles à excepção dos provetes já referidos, apresentando uma variação do maior para o menor valor da tensão de rotura de 0,7 N/mm². À que notar que o desvio de padrão é bem menor para os blocos de betão que para os blocos de bagacina, logo a sua variabilidade é menor.

Podemos conferir melhor estes valores no gráfico 5.8, avaliando o seu desempenho e a sua curva.

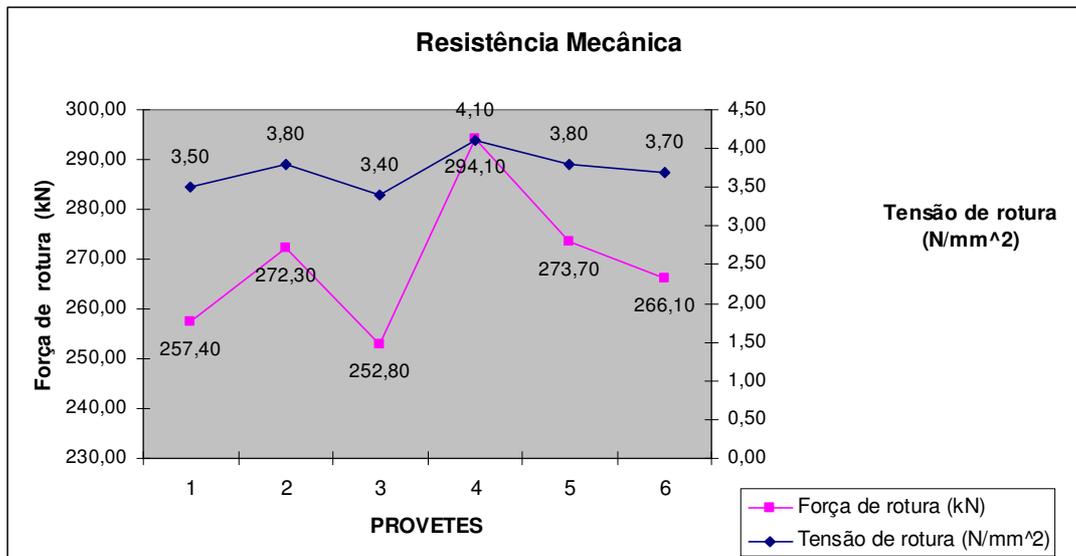


Gráfico 5.8 – Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência á compressão para blocos de betão.

No gráfico dos resultados, podemos observar que os resultados da tensão de rotura os valores apresentam-se coerentes em todas as amostras menos na numero 4, que apresenta um valor um pouco acima das restantes. Em relação à força de rotura, poderemos demonstrar pelos resultados que existem variações significativas, nos casos do provete número 3 e 4, apresentando um valor de 252,80 kN muito abaixo da média e 294,10 kN muito acima da média, que apresenta um valor de 269,40 kN.

5.3. MÉTODO DE ENVELHECIMENTO UTILIZADO

5.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste estudo foram considerados métodos de envelhecimento de curta duração para os dois tipos de blocos.

Em termos deste tipo de ensaio de curta duração, envelhecimento acelerado, foi desenvolvido um procedimento, com durações e solicitações (combinação de ciclos), de

modo a que permitissem analisar o comportamento dos blocos de bagacina e de betão no seu estado inicial e após algum envelhecimento.

5.3.2. ENVELHECIMENTO ACELERADO

O procedimento de envelhecimento acelerado foi realizado com o recurso ao equipamento do Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e os instrumentos e equipamentos utilizados para a combinação dos ciclos foram os seguintes:

- Arca frigorífica;
- Estufa;
- Cronómetro;
- Recipientes;
- Água desmineralizada.

Este tipo de ensaio tem a vantagem de ser de curta duração e ter pouca necessidade de recursos a equipamentos sofisticados.

5.3.2.1. COMBINAÇÃO DE CICLOS

Este procedimento consiste em submeter os blocos de bagacina e de betão a duas séries de ciclos de aquecimento/congelação e de humificação/congelação, fazendo quatro repetições sucessivas do ciclo de cada uma das séries.

Cada um dos ciclos tem uma duração de 24 horas, tendo cada uma das séries de ciclos a duração de 4 dias. Assim, a realização total deste procedimento de envelhecimento acelerado demorará 10 dias seguidos.

Tendo como base a proposta da norma EN 1015-21, fez-se uma adaptação ao procedimento de envelhecimento acelerado utilizado, que se designou por Combinação de Ciclos.

5.3.2.2. PROCEDIMENTO DE ENVELHECIMENTO DA COMBINAÇÃO DE CICLOS

No quadro 5.11, apresentam-se as combinações utilizadas no envelhecimento dos blocos de bagacina e nos blocos de betão.

Esta combinação é constituída por duas séries de ciclos com quatro repetições cada série de, Aquecimento/congelamento e Humidificação/congelamento, separadas por um período de ambiente em laboratório durante 48 horas.

Quadro 5.11 – Combinação de ciclos.

Procedimento	Condições	Duração	Equipamento
Ciclo Aquecimento /congelamento (4 Repetições)	Temperatura 60°C ± 2°C	8 h ± 15 min.	Estufa
	Temperatura 20°C ± 2°C Humidade relativa a 65% ± 5%	30 min. ± 2 min.	Condições do laboratório
	Temperatura -15°C ± 1°C	15 h ± 15 min.	arca frigorífica
	Temperatura 20°C ± 2°C Humidade relativa a 65% ± 5%	30 min. ± 2 min.	Condições do laboratório
Ambiente normalizado	Temperatura 20°C ± 2°C Humidade relativa a 65% ± 5%	48 horas.	Condições do laboratório
Ciclo Aquecimento /congelamento (4 Repetições)	Imersão em água	8 h ± 15 min.	-
	Temperatura 20°C ± 2°C Humidade relativa a 65% ± 5%	30 min. ± 2 min.	Condições do laboratório
	Temperatura -15°C ± 1°C	15 h ± 15 min.	arca frigorífica
	Temperatura 20°C ± 2°C Humidade relativa a 65% ± 5%	30 min. ± 2 min.	Condições do laboratório

5.3.3. ENVELHECIMENTO NATURAL

Para ser possível estabelecer correlações entre comportamentos de material sujeito aos ciclos de envelhecimento acelerado submetidas em laboratório de curta duração e o envelhecimento natural em condições de ambiente normal, era necessário realizar ensaios in situ, ensaios de longa duração.

Contudo, como já foi referido, os blocos de bagacina são um material recente, fabricado há muito pouco tempo nas ilhas. Por observação directa de habitações efectuadas com blocos de bagacina desde 1998, altura do último terramoto na Ilha do Pico, as habitações não apresentavam fissurações, nem anomalias que se possa considerar dos elementos de blocos.

Deste modo, é praticamente impossível avaliar o envelhecimento natural dos blocos de bagacina in situ. Também, não foi possível a construção de uma instalação de envelhecimento natural por condicionamentos orçamentais e de tempo.

5.4. ANÁLISE E ENSAIOS DOS BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO DEPOIS DO ENVELHECIMENTO ACELERADO

Cumprido o envelhecimento acelerado, realizou-se novamente alguns ensaios que achei pertinente efectuar-se para se poder avaliar a durabilidade do material que estamos a estudar. Os ensaios realizados foram os seguintes: determinação da absorção de água por capilaridade e determinação da resistência à compressão.

A realização destes ensaios é importante para se poder efectuar uma comparação fidedigna, em termos de durabilidade, entre os blocos de betão e os de bagacina.

5.4.1. DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO APÓS O ENVELHECIMENTO.

Depois de se realizar o ensaio de envelhecimento acelerado, conforme descrito anteriormente, efectuamos novamente o ensaio da determinação da absorção de água por capilaridade e a taxa de absorção.

Os resultados obtidos para os blocos de bagacina e de betão são os expressos no Quadro 5.12 e 5.13.

Quadro 5.12 – Ensaio realizado em blocos inteiros de bagacina de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra Bloco de Bagacina				
Absorção de água por capilaridade				
Provetes	Área bruta da face do provete imersa em água (mm ²)	Massa do provete seco (g)	Massa do provete após imersão (g)	Coefficiente de absorção de água por capilaridade (g/(m ² *s ^{0,5}))
1	96000	17800	18065	113
2	97804	17450	17755	127
3	99301	18805	18970	68
4	95808	17145	17385	102
5	95808	17735	18045	132
6	96806	17855	18085	97
Tempo de imersão (seg)				600
Coefficiente médio de absorção (g/(m ² *s ^{0,5}))				107

Pelos resultados obtidos no ensaio do coeficiente de absorção de água, podemos concluir que houve um aumento generalizado dos coeficientes, existindo uma variação do maior para o menor valor de 64 g/(m²*s^{0,5}) e sendo a média dos coeficientes dos blocos de bagacina de 107 g/(m²*s^{0,5}).

Para melhor compreensão, apresentamos o gráfico 5.9, os resultados obtidos de modo a facilitar a visualização.

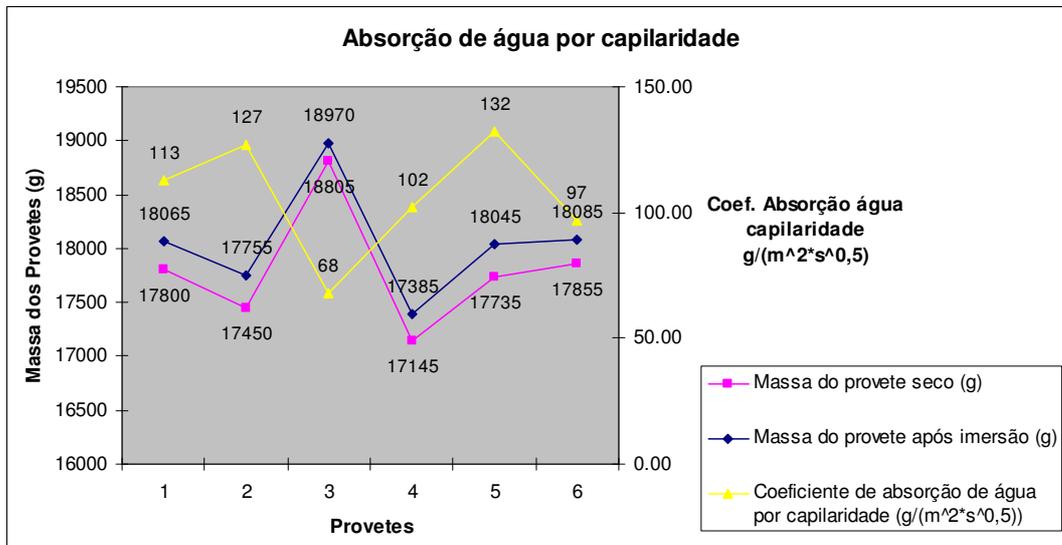


Gráfico 5.9 – Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade para blocos de bagacina.

Podemos observar que o provete 3 é o que tem um coeficiente de absorção mais baixo apresentando um valor de 68 g/(m²*s^{0,5}) contrastando com os provetes 2 e 5 que exibem um valor de 127 e 132 g/(m²*s^{0,5}).

Quadro 5.13 – Ensaio realizado em blocos inteiros de betão de acordo com a NP EN 772-11:2002 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra Bloco de Betão				
Absorção de água por capilaridade				
Provetes	Área bruta da face do provete imersa em água (mm²)	Massa do provete seco (g)	Massa do provete após imersão (g)	Coefficiente de absorção de água por capilaridade (g/(m²*s^{0,5}))
1	96768	17785	18055	114
2	96768	17125	17475	148
3	95691	16305	16655	149
4	97079	17070	17355	120
5	96455	17670	18025	150
6	95380	16640	16935	126
Tempo de imersão (seg)				600
Coeficiente médio de absorção (g/(m ² *s ^{0,5}))				135

Em relação ao ensaio de absorção de água por capilaridade dos blocos de betão, também podemos afirmar que houve um aumento do coeficiente em relação aos ensaios iniciais, ainda podemos concluir que os provetes 1, 4 e 6 apresentam valores mais baixos que os restantes havendo uma variação do maior para o menor de 36 g/(m²*s^{0,5}).

Para melhor percepção dos resultados, apresentamos o gráfico 5.10 deste ensaio, caracterizando os resultados da massa do provete seco, massa do provete após imersão e o seu coeficiente de absorção de água por capilaridade.

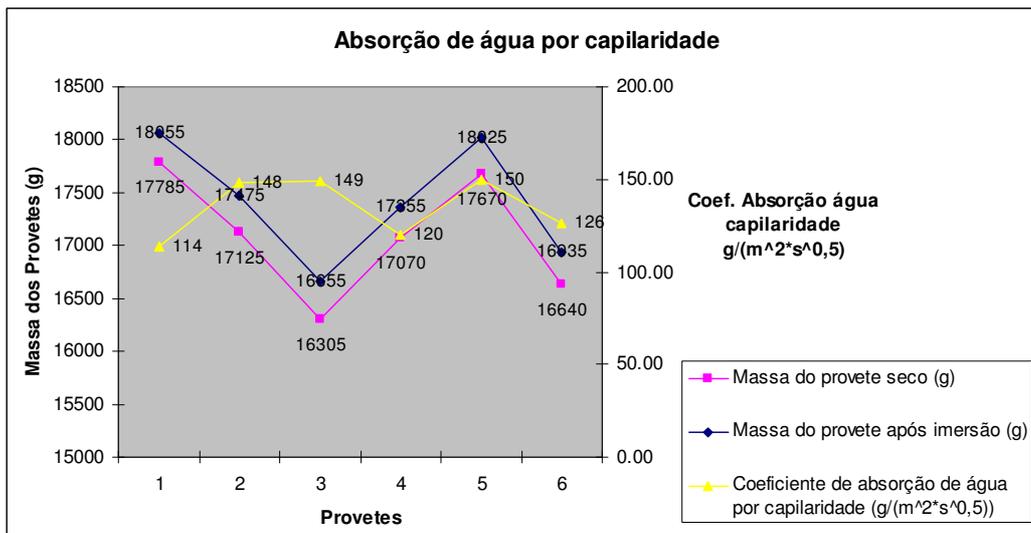


Gráfico 5.10 – Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade para blocos de betão.

5.4.2. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO APÓS O ENVELHECIMENTO

Do mesmo modo, depois de se realizar o ensaio de envelhecimento acelerado no laboratório de Física das construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, conforme descrito anteriormente, efectuamos novamente os ensaios da determinação da resistência à compressão em blocos de bagacina e de betão, tentando perceber a variação que houve devido ao facto de estarem expostos ao ensaio acelerado e que poderá afectar algumas características do material, consequentemente a sua durabilidade.

Os resultados obtidos para os blocos de bagacina de acordo com a NP EN 772-1 estão expressos no quadro 5.14, gráfico 5.11 e para os blocos de betão registados no quadro 5.15, gráfico 5.12.

Quadro 5.14 – Ensaio realizado em blocos inteiros de betão de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Bloco de Bagacina						
Resistência Mecânica						
Provete	Dimensões (mm)			Áreas de rotura (mm ²)	Força de rotura (kN)	Tensão de rotura (N/mm ²)
	Comp.	Larg.	Altura			
1	501	152	198	76061	310,7	4,08
2	500	151	195	75474	141,4	1,87
3	501	152	202	75903	344,2	4,53
4	501	153	194	76738	267,1	3,48
5	500	151	200	75670	265,5	3,51
6	502	152	194	76339	284,1	3,72
Valor médio da tensão de rotura (KN)						3,53
Desvio padrão (KN)						0,91

Neste ensaio o provete número 2 foi o que apresentou menor força de rotura 141,4 KN e menor tensão de rotura com um valor de 1,87 KN/mm², enquanto os restantes valores se aproximam entre si, apresentando uma média de 268,33 KN para a força de rotura e de 3,53 KN/mm² para a tensão.

Para melhor compreensão, foi elaborado o gráfico do quadro 5.14 com o resultado do ensaio para a Força e da Tensão de rotura para os blocos de bagacina expressa em KN e em KN/mm².

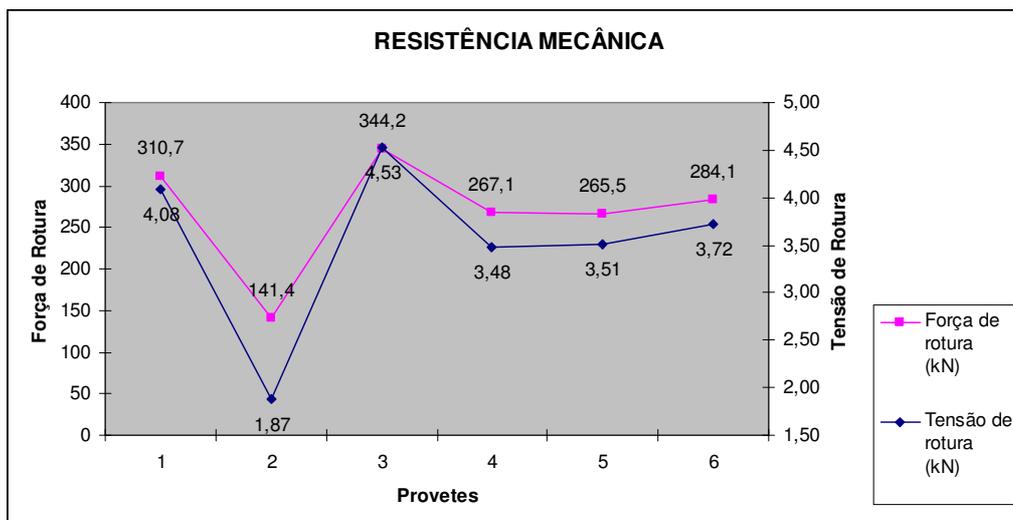


Gráfico 5.11 – Resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de bagacina.

Depois da apresentação dos resultados deste ensaio para os blocos de bagacina, mostramos os resultados para o mesmo ensaio dos blocos de betão.

Quadro 5.15 – Ensaio realizado em blocos inteiros de betão de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro os resultados obtidos no ensaio.

Amostra de Bloco de Betão						
Resistência Mecânica						
Provetes	Dimensões (mm)			Áreas de rotura (mm ²)	Força de rotura (kN)	Tensão de rotura (N/mm ²)
	Comp.	Larg.	Altura			
1	500	150	200	73359	415,6	5,67
2	500	150	200	72314	438,5	6,06
3	500	150	200	73362	292,0	3,98
4	500	150	200	72205	414,9	5,75
5	500	150	200	72708	429,4	5,91
6	500	150	200	72825	371,0	5,09
Valor médio da tensão de rotura (KN)						5,41
Desvio padrão (KN)						0,77

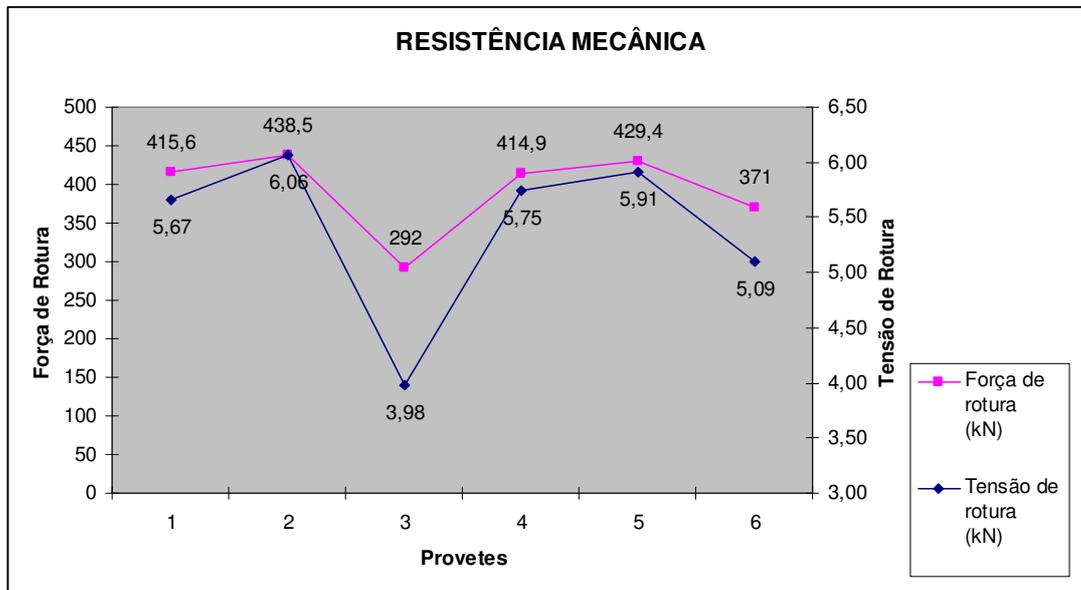


Gráfico 5.12 – Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de betão.

Para o ensaio dos dois tipos de blocos, podemos observar que no ensaio da determinação da resistência mecânica dos blocos de bagacina o provete numero 2 foi o que demonstrou menor resistência à compressão. Também para os blocos de betão o provete numero 3 foi o que relevou menor resistência.

Observando estes valores, poderemos afirmar que estes blocos de betão têm maior resistência que os de bagacinas, o que pode não ser verdade é que essa maior resistência do betão tenha a sua origem após o envelhecimento. A média do ensaio de resistência para a tensão de rotura dos blocos de betão traduz-se em $5,41 \text{ KN/mm}^2$ enquanto para os blocos de bagacina o seu valor é de $3,53 \text{ KN/mm}^2$, havendo uma variação de $1,88 \text{ KN/mm}^2$.

5.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS INICIAIS DOS ENSAIOS

5.5.1. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA REAL SECA E DA MASSA VOLÚMICA APARENTE SECA DE BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO

5.5.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO

Com a utilização de dois blocos construídos com processos e materiais diferenciados, pretende-se verificar a existência de elementos de relação entre resultados obtidos.

Os ensaios efectuados não são conclusivos relativamente a este aspecto, pois na generalidade destes ensaios os valores diferem. Embora os blocos de bagacina e de betão tenham as mesmas dimensões (500 mm X 200 mm X 150 mm), as espessuras dos septos exteriores e interiores variam consideravelmente. Sendo assim, vamos fazer uma comparação em termos do ensaio de absorção de água por capilaridade e da resistência mecânica para podermos comparar valores.

5.5.2. DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DE BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO

5.5.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO

O resultado deste ensaio é a realidade de cada amostra, seja ela de bagacina ou de betão. A variação de comprimento dos blocos de bagacina é menor que as do betão, embora em termos de largura e altura, os blocos de betão são mais constantes.

Não podemos deixar de observar que existe grande diferença na questão de espessura dos septos exteriores e interiores dos dois tipos de amostras. Os blocos de bagacina, têm uma média nos septos de interiores de 39,5 mm enquanto que nos blocos de betão o seu valor é de 22,7 mm. Enquanto nos septos exteriores o valor do bloco de bagacina é de 37,5 mm e nos blocos de betão traduz-se em 21,6 mm. Deste modo, a diferença entre septos é

considerável, quase o dobro, que se poderá traduzir na resistência à compressão de cada um dos elementos.

5.5.3. DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DE BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO

5.5.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO

Na análise deste padrão, podemos concluir que os blocos de bagacina têm um coeficiente de absorção que varia entre $65 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ e os $94 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ e que o seu valor é maior que os blocos de betão que variam entre $24,65 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ e os $71,76 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$.

Para poder visualizar melhor os resultados, expomos no gráfico do coeficiente de absorção de água por capilaridade dos blocos de bagacina e de betão.

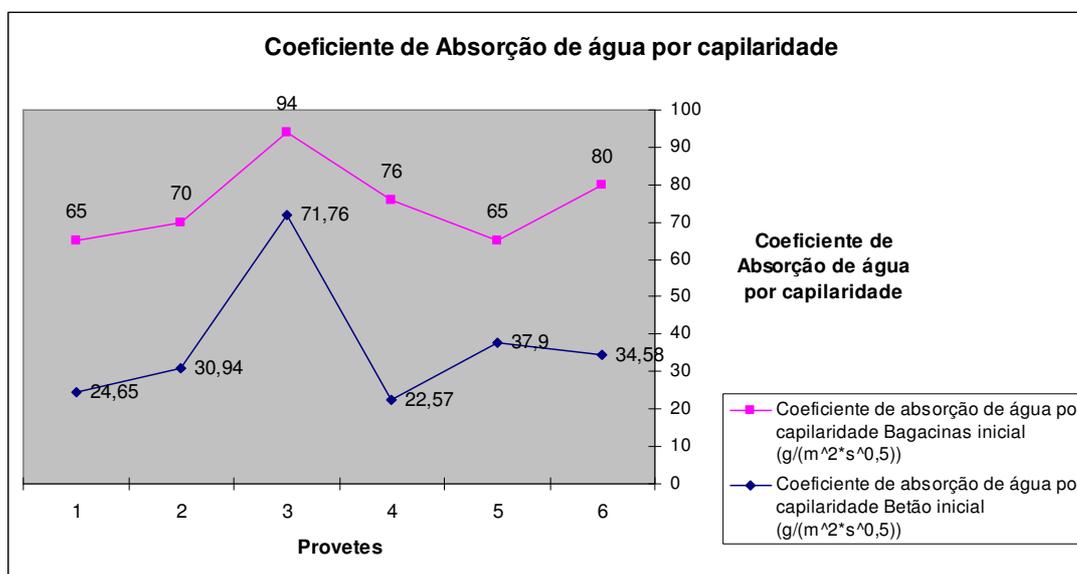


Gráfico 5.13 – Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade iniciais entre os blocos de bagacina e de betão.

Também podemos concluir observando o gráfico que o coeficiente de absorção dos blocos de bagacina é bastante superior e a sua média é de $75 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$, enquanto o coeficiente médio dos blocos de betão é de $37,07 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$. Contudo observamos que a curva de cada um dos materiais é semelhante em termos do material usado.

5.5.4. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO

5.5.4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO

O ensaio da resistência mecânica é muito importante para este tipo de material e para a compreensão da durabilidade do mesmo. São elementos que estão constantemente solicitados por uma compressão devido aos processos construtivos.

No gráfico 5.14, apresentamos os resultados da força de rotura para os provetes de bagacinas e de betão, de modo a facilitar a compreensão.

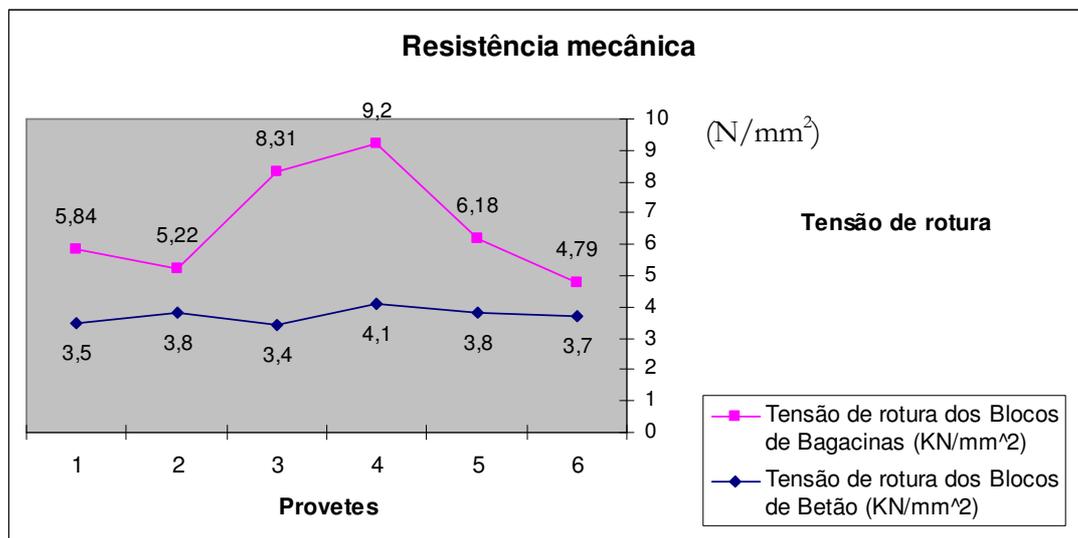


Gráfico 5.14 – Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de bagacina e de betão.

Observando o gráfico e os resultados, o comportamento da resistência à compressão é maior nos blocos de bagacina do que nos blocos de betão, contudo, em termos de comparação entre blocos do mesmo material, os blocos de betão são mais uniformes que os de bagacinas, havendo uma variação de $0,7 \text{ KN/mm}^2$, enquanto que nos blocos construídos com bagacinas a sua variação é de $4,41 \text{ KN/mm}^2$, desde logo é mais difícil prever a sua resistência. Deste modo, concluímos que o valor médio de tensão de rotura dos blocos de betão é de $3,72 \text{ KN/mm}^2$, enquanto que para os blocos de bagacina o seu valor traduz-se nos $6,59 \text{ KN/mm}^2$.

Era muito importante explicar aqui que os blocos de betão foram ensaiados quando ainda não estariam, provavelmente, no máximo da sua resistência!!!

Em conclusão deste ensaio inicial, poderemos afirmar que os blocos de bagacina se comportam melhor que os blocos de betão, não esquecendo da diferença que existe nos septos interiores e exteriores dos dois blocos e do processo construtivo de cada um deles.

5.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS APÓS O ENVELHECIMENTO ACELERADO

5.6.1. DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM BLOCOS DE BAGACINA E DE BETÃO

5.6.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS E SUA COMPARAÇÃO

Depois de se executar os ensaios de envelhecimento acelerado, efectuou-se o ensaio correspondente à determinação da absorção por capilaridade para os blocos de bagacina e de betão.

Exprimimos no gráfico os resultados iniciais antes do envelhecimento (Bagacinas - Bg inicial; Betão - Bt inicial) e os finais (Bagacinas - Bg final; Betão - Bt final) depois do envelhecimento do ensaio da determinação da absorção de água por capilaridade de blocos de bagacina e de betão.

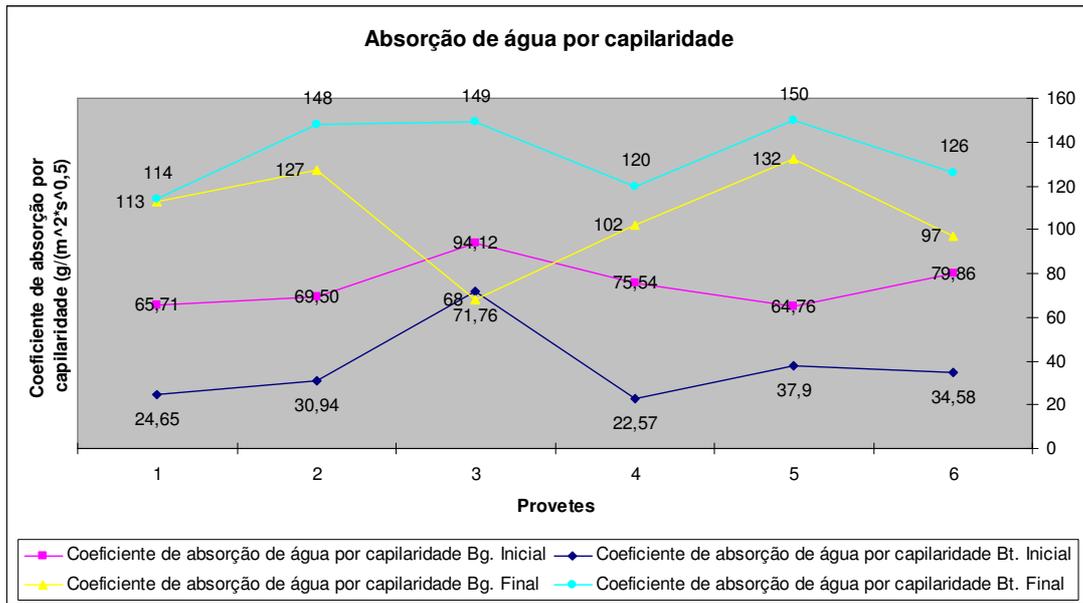


Gráfico 5.15 – Gráfico dos resultados dos ensaios do coeficiente de absorção de água por capilaridade em blocos de bagacina e de betão iniciais e finais.

Com apresentação do gráfico sobre os resultados iniciais e finais dos blocos de bagacina e de betão do ensaio do coeficiente de absorção por capilaridade podemos concluir que depois do ensaio de envelhecimento o coeficiente de absorção aumentou tanto para os blocos de bagacina como para os blocos de betão.

Também observamos que houve um maior aumento do coeficiente de absorção dos blocos de betão que nos blocos de bagacina. A média dos blocos de bagacina inicial era de $74,92 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ e após o ensaio de envelhecimento passou para $106,50 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$, havendo um aumento do coeficiente de $31,59 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ que corresponde um aumento de $42,16 \%$. Enquanto que nos blocos de betão a média inicial era de $37,07 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ e após o ensaio de envelhecimento passou para $134,50 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$, registando um aumento de $362,86 \%$.

5.6.2. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA EM BLOCOS DE BAGACINA E BETÃO

5.6.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS INICIAIS E SUA COMPARAÇÃO

No ensaio da resistência mecânica demonstrou que para o ensaio os blocos de bagacina sofreram um decréscimo da resistência mecânica em todos os blocos. Enquanto a média inicial era de 5,59 KN/mm², após o ensaio de envelhecimento a média passou para 3,53 KN/mm², havendo um declínio 3,06 KN/mm², correspondente a 46,43 %.

Para os blocos de betão houve um aumento da resistência mecânica, enquanto no ensaio inicial a média era de 3,72 KN/mm², após o ensaio de envelhecimento passou para 5,41 KN/mm², registando um aumento de 45,46%.

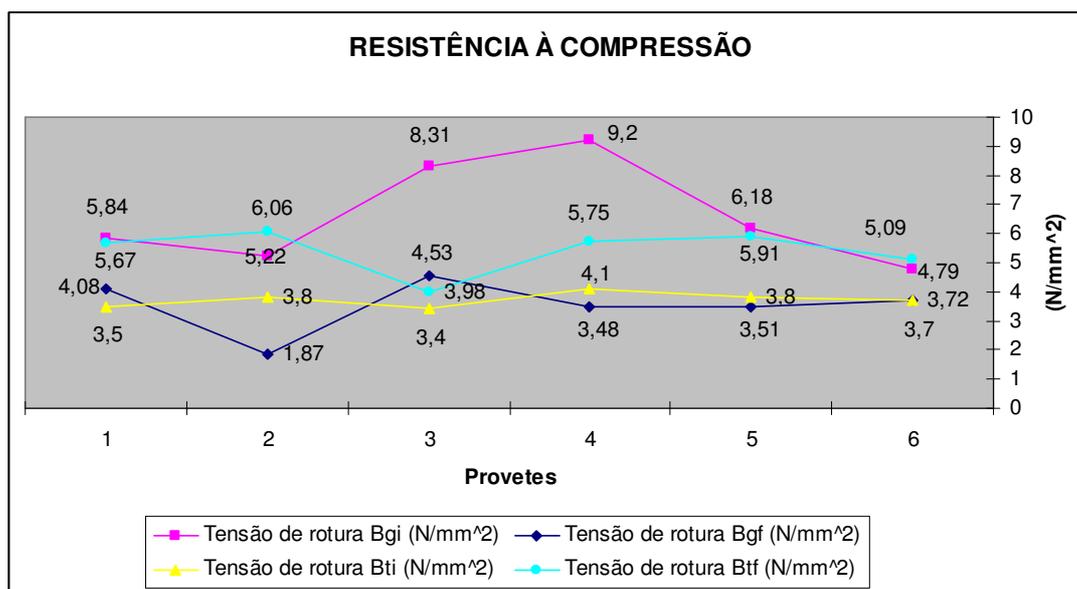


Gráfico 5.16 – Gráfico dos resultados dos ensaios da resistência mecânica para blocos de bagacina e de betão iniciais e finais.

Deste modo, o resultado mais surpreendente deve-se ao facto de haver um aumento da resistência mecânica dos blocos de betão após o ensaio de envelhecimento.

Na análise de resultados obtidos é importante realçar que os blocos de bagacina foram ensaiados em regra, cerca de um ano após terem sido produzidos. Em contraste, os blocos de betão foram ensaiados cerca de 3 meses depois, sendo que, os resultados obtidos revelaram um aumento de resistência à compressão comparativamente com os resultados iniciais. Tal facto, poderá ser explicado com base no REBAP (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado), em que no artigo 15, salienta que a idade do betão tem influência directa no seu coeficiente de endurecimento. Efectivamente demonstra que no prazo que decorre entre os 28 dias e os 360 dias existe um aumento no seu coeficiente de 35 %, chegando esta percentagem a atingir 45 % ao longo da sua vida.

5.7. SÍNTESE CRÍTICA DOS RESULTADOS

De um modo geral os ensaios iniciais demonstraram as características do material estudado. Depois de se proceder ao envelhecimento, a sua análise é muito crítica e os resultados deveriam ser ainda mais estudados de modo a comprovar os resultados e as suas características.

Deste modo tenho que referir que os ensaios experimentais do envelhecimento acelerado são de extrema importância para perceber se a aproximação de resultados e de desempenho e se o comportamento ao longo do tempo podem conferir uma estabilidade do suporte.

Não podemos esquecer que estes resultados deveriam ser mais investigados, pois os blocos de bagacina são executados nas Ilhas, onde existe uma grande probabilidade de existir sismos, e com estes resultados críticos não se espera que nos termos da durabilidade haja um desempenho satisfatório do material.

Em síntese, após os ensaios experimentais realizados, verificou-se que para avaliar a capacidade deste tipo de material os ensaios de caracterização mais significantes a realizar após o envelhecimento são a determinação da absorção de água por capilaridade e a determinação da resistência mecânica do material.

Estes ensaios demonstraram que após a realização do envelhecimento acelerado houve uma degradação do material, originando um maior valor da absorção de água por capilaridade quer nos blocos de bagacina quer nos blocos de betão. Também, no que respeita ao ensaio da resistência à compressão, para os blocos de bagacina houve uma degradação dos valores após o ensaio de envelhecimento, não acontecendo o mesmo para os blocos de betão.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÃO

Como já referido, a finalidade deste estudo é proporcionar um contributo para a compreensão do desempenho ao longo da vida do material blocos de bagacina.

Deste modo, foram realizados ensaios de avaliação das principais características de desempenho particularmente a capacidade de impermeabilização com a determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade à água líquida e da resistência do material com a determinação da resistência à compressão em termos de estabilidade e fissuração.

No início do trabalho, sugerimos dar resposta a algumas questões essenciais relativamente aos blocos de bagacina. Estas questões estão principalmente relacionadas com a possibilidade de recorrer a ensaios laboratoriais para avaliação das principais características de desempenho, o tipo de solicitação em termos de envelhecimento acelerado a capacidade de o material cumprir as suas funções principais após o envelhecimento.

O reduzido número de provetes ensaiados, leva-nos a deduzir que os resultados obtidos não são representativos, não permitindo fazer uma análise mais exaustiva dos mesmos. No entanto, os ensaios efectuados aos blocos após o envelhecimento acelerado, permitiu uma avaliação de desempenho comparativa entre o betão e a bagacina.

Pode-se dizer que o bloco de bagacina analisado não apresenta capacidade de, após o envelhecimento acelerado, manter as suas características de desempenho em valores, de modo a assegurar as suas funções principais, nomeadamente a resistência.

Com este estudo, detectou-se um aumento da absorção de água por capilaridade com o envelhecimento e uma diminuição da capacidade resistente. Estas tendências carecem, contudo, de confirmação.

Em regra, o desempenho do material estudado como elemento de construção ao longo do tempo depende das condições ambientais, do projecto, dos materiais seleccionados para a sua construção, do nível de qualidade de execução e das acções de uso do mesmo. Deste modo, é importante que a fase de construção e execução do material blocos de bagacina seja planeada e executada com rigor de forma a se poder esperar um desempenho satisfatório dos blocos ao longo do tempo.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Apesar de todos os resultados e todas as opiniões que se possa obter nestes ensaios, os blocos de bagacina irão continuar a ser fabricados e comercializados do mesmo modo. Do ponto de vista do produtor e do utilizador enquanto construtor, a potencialidade do produto e a sua apreciação das vantagens relacionadas com o processo construtivo está na diminuição de prazos de obra e de custos, não avaliando nem garantindo a possibilidade de se poder obter um bom desempenho com este tipo de material.

Assim, a continuação de estudos sobre este tipo de material tem todo o interesse para se realçar a capacidade para as determinadas condições em obra, com a continuação de ensaios de modo a comprovar resultados e prever um desempenho do mesmo. Seria interessante fazer novos ensaios experimentais de modo a reflectir e comprovar os resultados tanto dos blocos de bagacina como dos blocos de betão.

Seria interessante realizar ensaios sistemáticos numa estação de envelhecimento natural de modo a confrontar e ajustar resultados de ensaios de envelhecimento acelerado em laboratório, para se poder definir a degradação e o desempenho deste produto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] – GASPAR, Pedro Manuel dos Santos Lima – Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Construção pelo IST. Lisboa, IST, 2002.
- [2] – CORVACHO, Maria Helena – Durabilidade da Construção. Metodologia do projecto para a durabilidade. Planeamento da vida útil de um edifício. Texto de apoio à disciplina de patologia da construção. MRPE. Porto, FEUP, 2004.
- [3] – GASPAR, Pedro Lima; BRITO, Jorge de – O ciclo de vida das construções Parte I. Critérios de análise. *Arquitectura e Vida* n.º 42. Lisboa, Outubro de 2006, pp. 98 – 103.
- [4] – GASPAR, Pedro Lima; BRITO, Jorge de – O ciclo de vida das construções Parte II. Vida útil funcional. *Arquitectura e Vida* n.º 43. Lisboa, Novembro de 2006, pp. 74 – 78.
- [5] – GASPAR, Pedro Lima; BRITO, Jorge de – O ciclo de vida das construções Parte IV. Vida útil económica. *Arquitectura e Vida* n.º 45. Lisboa, Janeiro de 2007, pp. 70 – 75.
- [6] – GASPAR, Pedro Lima; BRITO, Jorge de – O ciclo de vida das construções Parte III. Vida útil Física. *Arquitectura e Vida* n.º 44. Lisboa, Dezembro de 2003, pp. 70 – 75.
- [7] – BRANCO, Fernando A., – Conceber edifícios duráveis. 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. PATORREB 2003. Porto, FEUP, Março de 2003, pp. 23 – 32.
- [8] – QUINTELA, Marisa Betânia., – Durabilidade de Revestimentos exteriores de parede em reboco Monocamada. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestrado em Construção de edifícios, FEUP, Fevereiro, 2006.
- [9] – Textos de apoio da marcação CE da empresa Fase estudos e projectos SA, 2007.
- [10] – PAIVA, A. Vasconcelos – Regulamentação. Directiva dos Produtos da construção. Marcação CE e livre circulação dos produtos. *Engenharia e Vida* n. 16, Setembro de 2005, pp. 58-63.
- [11] – CRUZ, Paulo; PEQUENO, João – Marcação CE de vidro de construção. *Arte & Construção* n.º 181, Novembro de 2005, pp. 46-53.
- [12] – PAIVA, José A. Vasconcelos – Aprovação técnica europeia: A via para a marcação CE dos produtos de construção inovadores. Seminário Normas harmonizadas e

Marcação dos Produtos de Construção. Porto, FEUP, Outubro, 2004.

- [13] – INVENTÁRIO DO PATRIMÓNIO IMÓVEL DOS AÇORES – Rochas da Ilha do Pico – 2006 – consultado de <http://www.inventario.iacultura.pt/pico/madalena/rochas.html>.
- [14] – IE. Eiras Dias, Vasco Paulos, Susana Mestre, Jorge Tiago Martins, Isabel Gonlart2 – O encepamento do arquipélago do Açores. Ciência Técnica Vitivinícola, Fevereiro, 2007, pp. 99-112.
- [15] – FRAGA, Carlos Alberto – Caracterização geotécnica de escórias vulcânicas. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestrado em Mecânica dos Solos, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 1998, pp. 39 – 82.
- [16] – E-237 – Agregados, Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles do LNEC, 1970.
- [17] – MELO, A. – Caracterização de Betão Leves Vibrocomprimidos com Agregados Leves de Argila Expandida. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestrado em Construção de Edifícios, FEUP, 2001.
- [18] – SOUSA, Hipólito J.C. - Materiais para Alvenarias - Apreciação de algumas produções e sugestões visando a melhoria da sua qualidade. Porto, FEUP, 1988.
- [19] – SILVA, J. Mendes – Alvenarias não estruturais, patologias e estratégias de reabilitação. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B. Lourenço & H. Sousa, Porto, 2002.

BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA – NORMAS

- [1A] – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) Buildings and constructed assets. Service life planning – Part 1: General principles. Switzerland, 2001. ISO 15686-1.
- [2A] – Directiva Europeia 891106/CE do Conselho de 21 de Dezembro de 1988 relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros no que respeita aos produtos de construção, publicada no Jornal Oficial n.º L 040 de 11/02/1989 e posteriores alterações. Directiva dos Produtos da Construção.
- [3A] – EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) Assumption of working life of construction products in guideline for European Technical Approvals, European Technical Approvals and Harmonized Standards. December 1999. Guidance Document 002.
- [4A] – EOTA – Assessment of working life of products. December 1999. Guidance Document 003.
- [5A] – ISO – Buildings and constructed assets. Service life planning - Part 2: Service Ufe prediction procedures. Switzerland, 2001. ISO 15686-2.
- [6A] – COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALIZA TION (CEN) – Specification for mortar for masonry - Part 1: Rendering and plastering mortar. Brussels, 2003. EN 998-1.

PÁGINAS CONSULTADAS DA INTERNET

- www.inventario.iacultura.pt/pico/madalena/rochas.html [Junho 2007]
- www.lnec.pt [Junho 2006]
- www.euromortar.com [Junho 2007]
- www.abcp.org.br [Junho 2006]
- www.inmetro.gov.br [Junho 2006]
- www.beg.pt [Junho 2007]
- www.casaldovulcao.com/ [Junho 2007]
- www.maxit.pt [Junho 2007]
- www.cen.eu [Junho 2007]
- www.cota.be [Junho 2007]
- www.apal.pt/entidades.html [Junho 2007]

ANEXOS – ENSAIOS LABORATÓRIAS

Normas de Referência : "NP EN 772-13 Determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca de blocos para alvenaria(excepto blocos de pedra natural)"

Objectivo do relatório :

Apresentação dos resultados laboratoriais obtidos

Obra :

Localização:

Trabalho realizado :

Ensaio para determinação da massa volúmica

Equipamento utilizado :

Nota : Este relatório é constituído por 2 páginas, todas elas devidamente numeradas e rubricadas.

Referência da amostra : AMOSTRAS APRESENTADAS PARA ENSAIO REF.POR: BLOCOS DE BAGACINA

Observações :

Nome : Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição,nº21-Dto
4200 198 Porto

Requisição nº : 2006/1258

Data : 2006-04-10

Obra : FABRICA

Ensaio : Armenia Vilas-Boas, Eng^a
Responsável pelo Sector

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC

Alexandra Estevao, Eng^a



Adriano Teixeira, Eng^o

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra excepto quando haja autorização expressa do LGMC



1.Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Carvalho", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios para determinação da massa volúmica.

2.Resultados obtidos

O ensaio foi realizado em blocos inteiros de acordo com a NP EN 772-13 apresentando-se no quadro seguinte os resultados obtidos no ensaio.

Referência da amostra:	Blocos de bagacina
Data de início do ensaio	10/04/2006

Provete	Massa seca (g)	Volume Aparente (mm ³)	Volume Real (mm ³)	Massa vol. real seca (kg/m ³)	Massa volúmica aparente seca (kg/m ³)
1	18825	1499*10 ⁴	1210*10 ⁴	1555	1255
2	17740	1504*10 ⁴	1215*10 ⁴	1460	1179
3	17806	1503*10 ⁴	1214*10 ⁴	1466	1184
4	17675	1497*10 ⁴	1208*10 ⁴	1463	1180
5	17670	1500*10 ⁴	1211*10 ⁴	1458	1177
6	17615	1517*10 ⁴	1228*10 ⁴	1434	1161

Massa volúmica real seca, valor médio	(Kg/m ³)	1473
Massa volúmica aparente seca, valor médio	(Kg/m ³)	1189

Normas de Referência : "NP EN 772-11:2002 – Determinação da absorção de água por capilaridade de blocos para alvenaria de betão de agregados, de betão "face a vista" e de pedra natural, e taxa de absorção inicial de blocos cerâmicos."

Objectivo do relatório :

Apresentação de resultados de ensaios laboratoriais

Obra :

Localização:

Trabalho realizado :

Ensaios de absorção de água por capilaridade em blocos

Equipamento utilizado :

Nota : Este relatório é constituído por 2 páginas, todas elas devidamente numeradas e rubricadas.

Referência da amostra : AMOSTRAS APRESENTADAS PARA ENSAIO REF.POR: BLOCOS DE BAGACINA

Observações :

Nome : Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição,nº21-Dto
4200 198 Porto

Requisição nº : 2006/1258

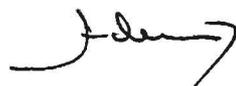
Data : 2006-04-10

Obra : FABRICA

Ensaiou : Armenia Vilas-Boas, Eng^a
Responsável pelo Sector

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC

Adriano Teixeira, Eng^o


Adriano Teixeira, Eng^o

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra excepto quando haja autorização expressa do LGMC

1.Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Carvalho", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios de absorção de água por capilaridade em blocos.

2.Resultados obtidos

O ensaio foi realizado de acordo com a NP EN 772-11 apresentando-se no quadro seguinte os resultados obtidos no ensaio.

O ensaio foi realizado com blocos inteiros.

Amostra bloco de bagacina				data do ensaio 12/04/2006
Absorção de água por capilaridade				
provete	Área bruta da face do provete imersa em água (mm ²)	Massa do provete seco (g)	Massa do provete após imersão (g)	Coefficiente de absorção de água por capilaridade (g/(m ² *s ^{0.5}))
1	75702	18825	18945	65
2	76362	17740	17870	70
3	75910	17800	17975	94
4	75658	17675	17815	76
5	75646	17670	17790	65
6	76681	17615	17765	80
Tempo de imersão			seg	600
Coefficiente médio de absorção			(g/(m ² *s ^{0.5}))	75

Coef. de absorção por capilaridade = $\frac{\text{massa provete após imersão} - \text{massa provete seco}}{\text{área bruta da face do provete imersa em água} \times \sqrt{\text{tempo de imersão}}} \times 10^6$

Normas de Referência : "NP EN 772-2:2001 – Métodos de ensaio de blocos para alvenaria – Determinação da percentagem de furação em blocos de betão para alvenaria".

Objectivo do relatório :

Apresentação de resultados de ensaios laboratoriais

Obra :

Localização:

Trabalho realizado :

Ensaio de determinação da percentagem de furação em blocos de betão

Equipamento utilizado :

Nota : Este relatório é constituído por 2 páginas, todas elas devidamente numeradas e rubricadas.

Referência da amostra : AMOSTRAS APRESENTADAS PARA ENSAIO REF.POR: BLOCOS DE BAGACINA

Observações :

Nome : Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição,n.º21-Dto
4200 198 Porto

Requisição nº: 2006/1258

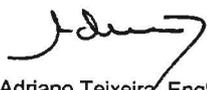
Data : 2006-04-10

Obra : FABRICA

Ensaiou : Armenia Vilas-Boas, Eng^a
Responsável pelo Sector

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC

Adriano Teixeira, Eng^o


Adriano Teixeira, Eng^o

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra excepto quando haja autorização expressa do LGMC



1.Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Carvalho.", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios de percentagem de furação em blocos de alvenaria.

2.Resultados obtidos

Referência da amostra			BL0010
provete	Mpv (g)	Mpu (g)	Percentagem de furação (%)
1	7,01	17,88	39,2
2	7,39	17,75	41,6
3	7,09	17,95	39,6
4	7,26	17,20	42,2
5	7,12	17,86	39,9
6	7,06	17,55	40,2

$$\text{Percentagem de furação} = \frac{\text{Mpv}}{\text{Mpu}} * 100$$

Em que:

Mpv – massa das áreas correspondente à furação

Mpu – massa total da área do bloco

Normas de Referência : "NP EN 772-20 Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte2 – Det. da planeza das faces de blocos para alvenaria de betão de agregados, de betão face à vista e de pedra natural."

Objectivo do relatório :

Apresentação de resultados de ensaios laboratoriais

Obra :

Localização:

Trabalho realizado :

Ensaio para determinação da planeza

Equipamento utilizado :

Nota : Este relatório é constituído por 2 páginas, todas elas devidamente numeradas e rubricadas.

Referência da amostra : AMOSTRAS APRESENTADAS PARA ENSAIO REF.POR: BLOCOS DE BAGACINA

Observações :

Nome : Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição,nº21-Dto
4200 198 Porto

Requisição nº : 2006/1258

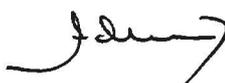
Data : 2006-04-10

Obra : FABRICA

Ensaiou : Armenia Vilas-Boas, Eng^a
Responsável pelo Sector

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC

Alexandra Esteveao, Eng^a


Adriano Teixeira, Eng^o

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra excepto quando haja autorização expressa do LGMC

1.Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Carvalho", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios para determinação da planeza.

2.Resultados obtidos

O ensaio foi realizado de acordo com a NP EN 772-20 apresentando-se no quadro seguinte os resultados obtidos no ensaio.

Ref da amostra: Blocos de bagacina						data de ensaio: 06/04/13				
Provete	Diagonais (mm)				Média diagonais (mm)	Distância entre a face do bloco e a régua (mm) *				Média distâncias. (mm)
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	533	533	534	533	533	<1,15 (Cv)	<1,40(Cv)	<1,05 (Cv)	<1,00 (Cv)	1,2
2	536	532	530	537	534	<1,35 (Cc)	<0,75 (Cc)	<0,75 (Cv)	<0,50 (Cc)	0,8
3	535	532	532	535	533	< 2,75(Cv)	<0,35(Cv)	< 0,65(Cv)	<1,35 (Cv)	1,3
4	532	535	535	530	533	<0,85 (Cv)	<1,25 (Cv)	<1,20 (Cv)	<1,45 (Cv)	1,2
5	534	532	531	535	533	<0,85 (Cc)	<0,55 (Cc)	<1,05 (Cv)	<1,05(Cc)	0,9
6	530	534	530	530	531	<0,25(Cc)	<1,05 (Cv)	<0,95 (Cc)	<0,85 (Cv)	0,8
Média das diagonais da amostra									(mm)	533
Media das distâncias entre a face do bloco e a régua da amostra									(mm)	1,0

*

Cv - convexa
Cc - côncava

Normas de Referência : "EN772-16/2002 Método de ensaio de blocos de alvenaria – Determinação das dimensões

Objectivo do relatório :

Apresentação de resultados de ensaios laboratoriais

Obra :

Localização:

Trabalho realizado :

Ensaio de dimensões em blocos de alvenaria

Equipamento utilizado :

Nota : Este relatório é constituído por 2 páginas, todas elas devidamente numeradas e rubricadas.

Referência da amostra : AMOSTRAS APRESENTADAS PARA ENSAIO REF.POR: BLOCOS DE BAGACINA

Observações :

Nome : Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição,nº21-Dto
4200 198 Porto

Requisição nº : 2006/1258

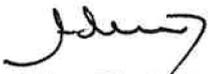
Data : 2006-04-10

Obra : FABRICA

Ensaiou : Armenia Vilas-Boas, Eng^a
Responsável pelo Sector

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC

Adriano Teixeira, Eng^o


Adriano Teixeira, Eng^o

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra excepto quando haja autorização expressa do LGMC



1.Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Carvalho", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios de dimensões em blocos de alvenaria.

2.Resultados obtidos

Referência da amostra: Blocos de bagacina					
provete	Comprimento médio (mm)	Largura média (mm)	Altura média (mm)	Espessura média dos septos exteriores (mm)	Espessura média dos septos interiores (mm)
1	501,8	153,3	195,5	37,6	40,0
2	500,8	151,7	198,6	38,1	40,0
3	500,6	151,6	198,1	37,5	39,7
4	501,2	151,4	197,8	37,4	38,8
5	499,8	151,6	196,9	37,2	39,3
6	500,1	151,4	199,2	37,3	39,3

Normas de Referência : "NP EN 772-1 Determinação da resistência à compressão"

Objectivo do relatório :

Apresentação de resultados de ensaios laboratoriais

Obra :

Localização:

Trabalho realizado :

Ensaio de resistência mecânica em blocos

Equipamento utilizado :

Nota : Este relatório é constituído por 2 páginas, todas elas devidamente numeradas e rubricadas.

Referência da amostra : AMOSTRAS APRESENTADAS PARA ENSAIO REF.POR: BLOCOS DE BAGACINA

Observações :

Nome : Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição,nº21-Dto
4200 198 Porto

Requisição nº : 2006/1258

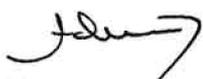
Data : 2006-04-10

Obra : FABRICA

Ensaioi : Armenia Vilas-Boas, Eng^a
Responsável pelo Sector

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC

Adriano Teixeira, Eng^o


Adriano Teixeira, Eng^o

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra excepto quando haja autorização expressa do LGMC



1.Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Carvalho", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios, resistência mecânica em blocos.

2.Resultados obtidos

O ensaio foi realizado de acordo com a NP EN 772-1 apresentando-se no quadro seguinte os resultados obtidos no ensaio.

Foi necessário regularização e o condicionamento dos provetes antes do ensaio foi para a condição de "seco ao ar".

Bloco de bagacina				data do ensaio 18/04/2006		
Resistência Mecânica						
proвете	Dimensões(mm)			Área de rotura (mm ²)	Força de rotura (kN)	Tensão de rotura (N/mm ²)
	Comp.	Larg.	Altura			
1	501	152	198	76061	444,0	5,8
2	500	151	195	75474	393,7	5,2
3	501	152	202	75903	630,4	8,3
4	501	153	194	76738	705,7	9,2
5	500	151	200	75670	467,8	6,2
6	502	152	194	76339	365,3	4,8
Valor médio da tensão de rotura				(N/mm ²)	5,1	
Desvio padrão				(N/mm ²)	1,8	

RELATÓRIO DE ENSAIO

ENTIDADE QUE REALIZOU: BETAFIEL	PESSOA QUE REALIZOU: <u>Céu Osório</u>	DATA DE RECEÇÃO DOS PROVETES - DATA ENSAIO: <u>06/03/2006 - 07/04/2006</u>
NOBRE DA ORIGEM DA AMOSTRA: BETAFIEL	REFERÊNCIA DA AMOSTRA, INCLUINDO DATA DE PRODUÇÃO: <u>OF - 03 / 03 / 2006</u>	MÉTODO DE AMOSTRAGEM: <u>Conforme EN771-3, A.2.2.3</u>
CATEGORIA: Cat. II	PRODUTO: Bloco 500x200x150mm	MASSA VOLÚMICA APARENTE (DECLARADA): 1150 kg/m³
TIPO DE ENSAIO: Ensaio inicial de tipo	TIPO DE AMOSTRAGEM: Primeira amostragem (6 blocos)	
NÚMERO DA EN: EN771-3: 2003 /A1:2005 NP(EN772-13:2000):2002	TÍTULO: Especificação de elemento de alvenaria. Parte 3: Blocos para alvenaria de betão. Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 13: Determinação da massa volúmica real seca e da massa volúmica aparente seca de blocos para alvenaria	DESIGNAÇÃO DO ENSAIO: Massa volúmica aparente seca

REGISTO:	S	N								
Pesar inicialmente cada um dos blocos inteiros e registar a massa, $m_{o,u}$:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
$m_{o,u}$ (g):	17550	17300	17530	17180	17510	17670				
Obter de cada bloco inteiro, três porções maciças representativas, de pelo menos 100g, e pesar conjuntamente cada grupo de três porções. Registrar a massa de cada grupo, $m_{o,p,tot}$:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
$m_{o,p,tot}$ (g):	574	584	544	305	250	348				
Secar cada grupo de três porções, até massa constante, em estufa ventilada à temperatura de $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$. A massa é constante quando em pesagens consecutivas com 24h de intervalo, a perda de massa, p , entre as duas determinações não exceda 0,2% da massa total. Registrar a massa, $m_{dry,p,tot}$:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
$m_{dry,p,tot}$ (g):	561	566	530	296	243	337				
p (%):	2,32	3,18	2,64	3,04	2,86	3,26				
$m_{dry,p,tot}$ (g):	558	563	528	295	242	336				
p (%):	0,54	0,53	0,38	0,34	0,41	0,30				
$m_{dry,p,tot}$ (g):	558	563	528	295	242	336				
p (%):	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Calcular o teor de água de cada grupo de três porções, $w_p = (m_{o,p,tot} - m_{dry,p,tot}) / m_{dry,p,tot}$:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
w_p :	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04				
Calcular a massa seca correspondente do bloco inteiro, $m_{dry,u} = m_{o,u} / (1 + w_p)$:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
$m_{dry,u}$ (g):	17038,83	16634,62	17019,42	16679,61	17000,00	16990,38				
Cálculo do volume aparente $V_{g,u}$ do bloco, a partir do comprimento, largura e altura (ver EN772-16), subtraindo o volume das perfurações, furos, saliências e reentrâncias a serem preenchidos com argamassa:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
$V_{g,u}$ (mm ³):	14708480	14535014	14672400	14621513	14614308	14555000				
Calcular a massa volúmica aparente seca do bloco, $\rho_{g,u} = m_{dry,u} \times 10^6 / V_{g,u}$:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
$\rho_{g,u}$ (kg/m ³):	1160	1140	1160	1140	1160	1170				
Calcular a média das massas volúmicas aparentes secas dos blocos:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
$\rho_{m,g,u}$ (kg/m ³):							1155			
Calcular o desvio da média das massas volúmicas aparentes secas relativamente ao valor declarado (deve ser inf. $\pm 10\%$):	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>								
dm (%):							0			

OBSERVAÇÕES:

De acordo com EN771-3, B.3 Critérios de aceitação dos ensaios à massa volúmica:
 Nesta primeira amostragem, a média dos valores dos provetes ensaiados tem um desvio inferior ou igual a $\pm 10\%$ relativamente ao valor declarado, conforme requisito de EN771-3, 5.4.3 Tolerância da massa volúmica. A remessa ESTÁ EM CONFORMIDADE.

De acordo com EN771-3, A.2.2.3 Amostragem representativa de uma remessa formada por paletes:
 Pelo menos seis paletes devem ser escolhidas ao acaso e deve ser retirado um elemento de cada uma dessas paletes, tam bém ao acaso.

RELATÓRIO DE ENSAIO

ENTIDADE QUE REALIZOU:

BETAFIEL

PESSOA QUE REALIZOU:

Céu Osório

DATA DE RECEÇÃO DOS PROJETOS - DATA ENSAIO:

06 / 03 / 2006 - 30 / 03 / 2006

NOME DA ORIGEM DA AMOSTRA:

BETAFIEL

REFERÊNCIA DA AMOSTRA, INCLUINDO DATA DE PRODUÇÃO:

OF - 03 / 03 / 2006

MÉTODO DE AMOSTRAGEM:

Conforme EN771-3, A.2.2.3

CATEGORIA:

Cat. II

PRODUTO:

Bloco 500x200x150mm

TOLERÂNCIA:

D1 (+3/-5)

APARELHOS DE MEDIÇÃO:

Fita métrica / Paquímetro

TIPO DE ENSAIO:

Ensaio inicial de tipo

TIPO DE AMOSTRAGEM:

Primeira amostragem (6 blocos)

NÚMERO DA EN:

EN771-3: 2003 / A1:2005

Especificação de elemento de alvenaria. Parte 3: Blocos para alvenaria de betão.

DESIGNAÇÃO DO ENSAIO:

Determinação das dimensões

NP(EN772-16:2000):2002

Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 16: Determinação das dimensões

REGISTO: Determinar o comprimento, segundo 7.1.a), l_{uc} e l_{up} , caso aduela, a largura, w_u e a altura, h_u , duas medições efectuadas junto das arestas:

l_{up} (mm):	502	503	504	503	504	504			
	504	502	502	501	502	502			
(Média arred. 0,5mm)	503,0	502,5	503,0	502,0	503,0	503,0			
Tolerância	3,0	2,5	3,0	2,0	3,0	3,0			
(Média arred. 1mm)	503								
w_u (mm):	151	151	154	151	155	153			
	155	151	152	151	151	153			
(Média arred. 0,5mm)	153,0	151,0	153,0	151,0	153,0	153,0			
Tolerância	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	3,0			
(Média arred. 1mm)	152								
h_u (mm):	200	202	199	203	201	201			
	201	200	201	202	201	199			
(Média arred. 0,5mm)	200,5	201,0	200,0	202,5	201,0	200,0			
Tolerância	0,5	1,0	0,0	2,5	1,0	0,0			
(Média arred. 1mm)	201								

Medição da reentrância destinada a ser preenchida com argamassa a toda a altura do bloco:

a_i (mm):	16	17	16	16	20	20			
	16	16	17	17	19	19			
(Média arred. 0,5mm)	16,0	16,5	16,5	16,5	19,5	19,5			
(Média arred. 1mm)	17								
b_w (mm):	115	110	111	111	109	107			
	110	106	107	107	109	105			
(Média arred. 0,5mm)	112,5	108,0	109,0	109,0	109,0	106,0			
(Média arred. 1mm)	109								

Medição dos septos exteriores, e_{ext} , e interiores, e_{int} , em três posições separadas:

e_{ext} (mm):	22	22	20	21	22	22			
	22	22	20	21	22	22			
	23	21	22	21	22	22			
(Média arred. 0,2mm)	22,4	21,6	20,6	21,0	22,0	22,0			
(Média arred. 0,5mm)	21,5								
e_{int} (mm):	23	21	22	21	22	22			
	24	23	25	23	22	22			
(Média arred. 0,2mm)	24	23	24	23	22	23			
(Média arred. 0,5mm)	23,6	22,4	23,6	22,4	22,0	22,4			
	22,5								

Cálculo do volume e área aparente do bloco, $V_{g,u}$ e A_s a partir do comprimento, largura e altura do bloco:

$V_{g,u}$ (mm ³):	14.708.480	14.535.014	14.672.400	14.621.513	14.614.308	14.565.000			
	14.619.453								
A_s (mm ²):	73.359	72.314	73.362	72.205	72.798	72.825			
	72.796								

OBSERVAÇÕES:

De acordo com EN771-3, B.1 Critérios de aceitação dos ensaios às dimensões e tolerâncias:

Nesta primeira amostragem, a média dos valores da medição de uma qualquer dimensão de um bloco, não ultrapassa a medida declarada pelo produtor acrescida da tolerância, conforme EN771-3, 5.2, Quadro 1 e 5.3. A remessa ESTÁ EM CONFORMIDADE.

De acordo com EN771-3, A.2.2.3 Amostragem representativa de uma remessa formada por paletes:

Pelo menos seis paletes devem ser escolhidas ao acaso e deve ser retirado um elemento de cada uma dessas paletes, também ao acaso.

RELATÓRIO DE ENSAIO

ENTIDADE QUE REALIZOU: BETAFIEL	PESSOA QUE REALIZOU: <u>Céu Osório</u>	DATA DE RECEÇÃO DOS PROJETES - DATA ENSAIO: <u>06 / 03 / 2006 - 31 / 03 / 2006</u>
NOME DA ORIGEM DA AMOSTRA: BETAFIEL	REFERÊNCIA DA AMOSTRA, INCLUINDO DATA DE PRODUÇÃO: <u>OF - 03 / 03 / 2006</u>	MÉTODO DE AMOSTRAGEM: <u>Conforme EN771-3, A.2.2.3</u>
CATEGORIA: Cat. II	PRODUTO: Bloco 500x200x150mm	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO: Média, fm 3 N/mm²
TIPO DE ENSAIO: Ensaio inicial de tipo	TIPO DE AMOSTRAGEM: Primeira amostragem (6 blocos)	ORIENTAÇÃO DO CARREGAMENTO: ⊥ faces de assentamento
NÚMERO DA EN: EN771-3: 2003 / A1:2005	TÍTULO: Especificação de elemento de alvenaria. Parte 3: Blocos para alvenaria de betão.	DESIGNAÇÃO DO ENSAIO: Resistência à compressão
NP(EN772-1:2000):2002	Métodos de ensaio de blocos para alvenaria. Parte 1: Determinação da resistência à compressão.	

REGISTO:	S	N
As faces dos provetes sob as quais vai ser aplicada a carga, são planas com tolerância de 0,1mm por cada 100mm e paralelas com tolerância de 1mm por cada 100mm.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Senão, preparar faces por desgaste conforme 7.2.4 de EN772-1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Após desgaste, a altura do provete <40mm ou relação altura/largura <0,4, então provete composto por dois provetes, um sobre o outro	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Blocos cuja área carregada é superior a 35% da área bruta da face, não há necessidade de remoção nem preenchimento das reentrâncias	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Condicionalmento dos provetes antes do ensaio, condição de "seco ao ar" segundo 7.3.2 a) de EN772-1. Armazenar os provetes durante pelo menos 14 dias em laboratório a temperatura $\geq 15^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa $\leq 65\%$ temperatura e humidade não controlada. Os provetes podem ser ensaiados aos 14 dias se tiver sido atingida massa, m, constante, ou seja, se duas pesagens consecutivas com pelo menos 24h de intervalo, a perda de massa for inferior a 0,2% da massa total.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
m_1 (g):		
m_2 (g):		
p (%)		
m_3 (g):	17550	17300
p (%)	17530	17180
	17510	17670
A área aparente, A_s , da superfície carregada de cada provete, calculada de acordo com EN772-16	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
A_s (mm ²):	73359	72314
	73362	72205
	72708	72825
Provete cuidadosamente alinhado com o centro do prato da máquina, depois das superfícies dos pratos da máquina de ensaio serem limpas e todas as partículas soltas das faces de assentamento do provete serem removidas. Não se utilizam materiais de	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Incremento de carga é tal que a carga máxima é alcançada num período de tempo não inferior a 1 minuto.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Registo carga de rotura atingida, T:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
T (N):	257400	272300
	252800	294100
	273700	266100
Cálculo da resistência de cada provete, f_{bi} , com arredondamento a 0,1 N/mm ² :	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
f_{bi} (N/mm ²):	3,5	3,8
	3,4	4,1
	3,8	3,7
Cálculo do coeficiente de variação da amostra, c e cálculo da resistência média f_{bm} , com arredondamento a 0,1 N/mm ² :	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
c (%)	5	
f_{bm} (N/mm ²):	3,7	

OBSERVAÇÕES:

De acordo com EN771-3, B.4.2 Critérios de aceitação dos ensaios para Resistência média
 Nesta primeira amostragem, a média da resistência é pelo menos igual à resistência média fm, a remessa ESTÁ EM CONFORMIDADE.

De acordo com EN771-3, A.2.2.3 Amostragem representativa de uma remessa formada por paletes:
 Pelo menos seis paletes devem ser escolhidas ao acaso e deve ser retirado um elemento de cada uma dessas paletes, tam bém ao acaso.

RELATÓRIO DE ENSAIO**DOCUMENTO Nº:** 2007335920075017

DATA: 2007-08-28

PÁGINA: 1/2

ENSAIO REALIZADO:Diversos - Ensaios de absorção de água por capilaridade em blocos
Norma Portuguesa NP EN 772-11:2002**REFERÊNCIA DA AMOSTRA:**

Amostra apresentada para ensaio referenciada por: Blocos de Bagacina

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA:

2007-08-02

CLIENTE :Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição, nº21-Dto
4200 198 Porto**OBRA :**

Fabrica

OBSERVAÇÕES:

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra quando haja autorização expressa do LGMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR


Jorge Ribeiro, Engº

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC


Adriano Teixeira, Engº

1. Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios de absorção de água por capilaridade em blocos.

2. Resultados obtidos

O ensaio foi realizado de acordo com a NP EN 772-11 apresentando-se no quadro seguinte os resultados obtidos no ensaio.

O ensaio foi realizado com blocos inteiros.

Referência da amostra: Bagacina			Data do início do ensaio: 2007/08/20	
Provete	Área bruta da face do provete imersa em água (mm ²)	Massa do provete seco (g)	Massa do provete após imersão (g)	Coefficiente de absorção de água por capilaridade (g/(m ² *s ^{0.5}))
1	96000	17800	18065	113
2	97804	17450	17755	127
3	99301	18805	18970	68
4	95808	17145	17385	102
5	95808	17735	18045	132
6	96806	17855	18085	97
Tempo de imersão			(s)	600
Coefficiente médio de absorção			(g/(m ² *s ^{0.5}))	107

$$\text{Coef. de absorção por capilaridade} = \frac{\text{massa provete após imersão} - \text{massa provete seco}}{\text{área bruta da face do provete imersa em água} \times \sqrt{\text{tempo de imersão}}} \times 10^6$$

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2007335820075016

DATA: 2007-08-28

PÁGINA: 1/2

ENSAIO REALIZADO:

Diversos - Ensaios de absorção de água por capilaridade em blocos
Norma Portuguesa NP EN 772-11:2002

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Amostra apresentada para ensaio referenciada por: Blocos de betão

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA:

2007-08-02

CLIENTE :

Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho
Rua da Constituição, n.º21-Dto
4200 198 Porto

OBRA :

Fabrica

OBSERVAÇÕES:

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra quando haja autorização expressa do LGMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR



Jorge Ribeiro, Engº

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMC



Adriano Teixeira, Engº

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2007335820075016

DATA: 2007-08-28

PÁGINA: 2/2

1. Introdução

A pedido do requerente, "Nuno Miguel Serrano Almeida Conceição Carvalho", realizou o LGMC, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, ensaios de absorção de água por capilaridade em blocos.

2. Resultados obtidos

O ensaio foi realizado de acordo com a NP EN 772-11 apresentando-se no quadro seguinte os resultados obtidos no ensaio.

O ensaio foi realizado com blocos inteiros.

Referência da amostra: Betão			Data do início do ensaio: 2007/08/20	
Provete	Área bruta da face do provete imersa em água (mm ²)	Massa do provete seco (g)	Massa do provete após imersão (g)	Coefficiente de absorção de água por capilaridade (g/(m ² *s ^{0.5}))
1	96768	17785	18055	114
2	96768	17125	17475	148
3	95691	16305	16655	149
4	97079	17070	17355	120
5	96455	17670	18025	150
6	95380	16640	16935	126
Tempo de imersão			(s)	600
Coefficiente médio de absorção			(g/(m ² *s ^{0.5}))	135

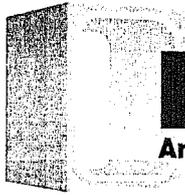
$$\text{Coef. de absorção por capilaridade} = \frac{\text{massa provete após imersão} - \text{massa provete seco}}{\text{área bruta da face do provete imersa em água} \times \sqrt{\text{tempo de imersão}}} \times 10^6$$

Ensayos:

Ensayo Nº	Produto:	Tipo de ensaio:	Carga de rotura: kN	Pré carga: kN	Data de ensaio:	Temperatura:	Humidade:
1	Bloco BA 1	ResistComp	+0.310,7	+0.009,8	11-09-2007	24	---
2	Bloco BA 2	ResistComp	+0.141,4	+0.009,8	11-09-2007	24	---
3	Bloco BA 3	ResistComp	+0.344,2	+0.009,8	11-09-2007	24	---
4	Bloco BA 4	ResistComp	+0.267,1	+0.009,8	11-09-2007	24	---
5	Bloco BA 5	ResistComp	+0.265,5	+0.009,8	11-09-2007	24	---
6	Bloco BA 6	ResistComp	+0.284,1	+0.009,8	11-09-2007	24	---

Resultados:

Media	+0.268,8	+0.009,8
Máximo	+0.344,2	+0.009,8
Mínimo	+0.141,4	+0.009,8
Variância	+1.961,3	+0.000,0
Desvio padrão	+0.063,1	+0.000,0
Coefficiente de variação	023,484 %	000,044 %



BETAFIEL

Artefactos de Betão de Penafiel, S.A.

Ensayos:

Ensayo Nº	Producto:	Tipo de ensaio:	Carga de rotura: kN	Pré carga: kN	Data de ensaio:	Temperatura:	Humidade:
1	Bloco BT 1	ResistComp	+0.415,6	+0.009,8	11-09-2007	24	—
2	Bloco BT 2	ResistComp	+0.438,5	+0.009,8	11-09-2007	24	—
3	Bloco BT 3	ResistComp	+0.292,0	+0.009,8	11-09-2007	24	—
4	Bloco BT 4	ResistComp	+0.414,9	+0.009,8	11-09-2007	24	—
5	Bloco BT 5	ResistComp	+0.429,4	+0.009,8	11-09-2007	24	—
6	Bloco BT 6	ResistComp	+0.371,0	+0.009,8	11-09-2007	24	—

Resultados:

Media	+0.393,6	+0.009,8
Máximo	+0.438,5	+0.009,8
Mínimo	+0.292,0	+0.009,8
Variância	+1.961,3	+0.000,0
Desvio padrão	+0.050,1	+0.000,0
Coefficiente de variação	012,736 %	000,044 %