



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CHARLES OTAVIANO FERREIRA DA SILVA  
RODOLPHO ALENCAR DE ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E  
MECÂNICAS DE BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA  
DE VEDAÇÃO E RESISTENTE COMERCIALIZADOS NA  
REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

**RECIFE, 2016**

*CHARLES OTAVIANO FERREIRA DA SILVA*  
*RODOLPHO ALENCAR DE ARAÚJO*

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DE BLOCOS  
CERÂMICOS PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO E RESISTENTE  
COMERCIALIZADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. José Jéferson Rêgo Silva

RECIFE, 2016

Catálogo na fonte

Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

- S586a Silva, Charles Otaviano Ferreira da.  
Avaliação de características físicas e mecânicas de blocos cerâmicos para alvenaria de vedação e resistente comercializados na região metropolitana do Recife / Charles Otaviano Ferreira da Silva, Rodolpho Alencar de Araújo. - Recife: O Autor, 2016.  
62 folhas, il.
- Orientador: Prof. Dr. José Jéferson Rêgo Silva.  
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2016.  
Inclui Referências.
1. Engenharia Civil. 2. Mobilidade urbana. 3. Planejamento. 4. Fatores sociais e econômicos. 5. Recife. 6. Funcionalidade. I. Araújo, Rodolpho Alencar de. II. Silva, José Jéferson Rêgo (Orientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2016-251



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA  
CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL**

**CANDIDATOS:** 1 – CHARLES OTAVIANO FERREIRA DA SILVA  
2 – RODOLPHO ALENCAR DE ARAÚJO

**BANCA EXAMINADORA:**

**Orientador:** PROFESSOR JOSÉ JÉFERSON RÊGO SILVA

**Examinador 1:** PAULO FERNANDO SILVA SOUSA

**Examinador 2:** FERNANDO ARTUR NOGUEIRA SILVA

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: AVALIAÇÃO DE  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DE BLOCOS CERÂMICOS PARA  
ALVENARIA DE VEDAÇÃO E RESISTENTE COMERCIALIZADOS NA REGIÃO  
METROPOLITANA DO RECIFE**

**LOCAL:** CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

**DATA:** 18 / 08 / 2016. **HORÁRIO DE INÍCIO:** 9:00h.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: 8,0 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) ☒ **aprovado(s) (nota  $\geq 7,0$ )**, pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias

O trabalho com nota no seguinte intervalo,  $3,0 \leq \text{nota} < 7,0$ , será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) ☐ **reprovado(s). (nota  $< 3,0$ )**

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 18 de AGOSTO de 2016

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

*Aos nossos pais e familiares.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a nossa família, que durante esses longos cinco anos de graduação nos deram total apoio, sempre acreditando que seremos ótimos profissionais.

Agradecemos também aos nossos grandes amigos e colegas de faculdade que, efetivamente, sempre tiveram presente nas nossas atividades acadêmicas.

E por fim ao nosso professor, José Jéferson Rêgo Silva, que nos ajudou durante a pesquisa, sempre presente e atento às nossas dificuldades e à Universidade Federal de Pernambuco.

**OTAVIANO, C.; ARAUJO, R. A. (2016). Avaliação de características físicas e mecânicas de blocos cerâmicos de alvenaria de vedação e resistente comercializados na Região Metropolitana do Recife. Trabalho de Conclusão do Curso, graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife / PE.**

## **RESUMO**

O conhecimento das características dos blocos para construção de alvenaria de vedação e resistente é de grande importância no recebimento dos lotes e construção das alvenarias por mais simplória que ela seja. Percebe-se atualmente que mesmo o tijolo não sendo um produto altamente tecnológico, é um material altamente consumido pelo mercado da construção civil no Brasil. Isso se dá por conta dos seus desempenhos frente ao seu custo. No entanto, por menor que seja o desempenho mecânico deles, faz-se necessário verificar se estão atendendo as exigências normativas vigentes. Mesmo tendo como principal aplicação as paredes de vedação, esses blocos tem sido empregados em alvenarias estruturais (alvenaria resistente). No entanto esta outra utilização requer maiores cuidados. A presente pesquisa tem como principal objetivo estudar os blocos e verificar, através de metodologias normativas (brasileira e americana), se eles atendem aos principais requisitos. E por fim apresentar resultados de medições da massa em condições ambientes, da massa seca, do índice de absorção d'água, da resistência à compressão e do cálculo do módulo de elasticidade de dois lotes comercializados na Região Metropolitana do Recife.

Palavras-chaves: BLOCO CERÂMICO, ALVENARIA DE VEDAÇÃO, ALVENARIA RESISTENTE, UMIDADE, RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, MÓDULO DE ELASTICIDADE.

**OTAVIANO, C.; ARAUJO, R. A. (2016). Evaluation of physical and mechanical characteristics of sealing masonry ceramic blocks and resistant marketed in the Metropolitan Region of Recife. Final Course Work, graduation in Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Environmental (DECIV), Center of Technology and Geosciences (CTG), Federal University of Pernambuco (UFPE). Recife / PE.**

### **ABSTRACT**

The knowledge of the building blocks characteristics for masonry and resistant has great importance in the receipt of lots and construction of masonry as simple as it is. It is realized that, even if the brick is not a high-tech product, it is highly consumed material by the construction market in Brazil. This happens because of their performance compared to the cost. However, no matter how small their mechanical performance is, it is necessary to check if they meet the current regulations requirements. Even with the main application sealing walls, these blocks have been used in structural masonry (resistant masonry). However this other use requires more care. This research aims to study some of these external conditions to the blocks and check, using the normative methodology, if they meet the main requirements and then assess whether the analyzed blocks guarantee, in fact, safety for the individuals who are using them. Finally present mass measurement results under ambient conditions, the dry mass, the absorption rate of water, the compressive strength and modulus of elasticity of the calculation of two lots traded in the Metropolitan Region of Recife.

Keywords: CERAMIC BLOCK, MASONRY NON LOAD-BEARING, RESISTENT MASONRY, HUMIDITY, COMPRESSIVE STRENGTH, MODULUS OF ELASTICITY.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01 – Bloco de alvenaria de vedação com oito furos na horizontal.....                  | 18 |
| Figura 02 - Prédios-caixão do bairro do Ipsep, zona sul do Recife.....                       | 22 |
| Figura 03 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal. ....                          | 26 |
| Figura 04 – Lote de blocos cerâmicos. ....                                                   | 27 |
| Figura 05 - Uma série de blocos submersos em água.....                                       | 28 |
| Figura 06 – Processo de capeamento dos blocos.....                                           | 29 |
| Figura 07 – Blocos com capeamento das devidas faces de trabalho. ....                        | 30 |
| Figura 08 – Demonstração de uma ruptura de bloco em ensaio de resistência à compressão. .... | 31 |
| Figura 09 – Gráfico de tensão deformação.....                                                | 32 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 01 - Resultado da massa seca e índice de absorção dos blocos do Lote 1.....                                      | 35 |
| Tabela 02 - Resultado da massa seca e índice de absorção dos blocos do Lote 2.....                                      | 36 |
| Tabela 03 - Resultado da resistência a compressão e módulo de elasticidade Lote 1 em condições ambientes.....           | 40 |
| Tabela 04 - Resultado da resistência a compressão e módulo de elasticidade Lote 2 em condições ambientes.....           | 40 |
| Tabela 05 - Resultado da resistência a compressão e módulo de elasticidade Lote 1 após 6 horas de imersão em água.....  | 41 |
| Tabela 06 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 6 horas de imersão em água.....  | 41 |
| Tabela 07 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 1 após 12 horas de imersão em água..... | 42 |
| Tabela 08 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 12 horas de imersão em água..... | 42 |
| Tabela 09 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 1 após 24 horas de imersão em água..... | 43 |
| Tabela 10 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 24 horas de imersão em água..... | 43 |
| Tabela 11 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 1 após 48 horas de imersão em água..... | 44 |
| Tabela 12 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 48 horas de imersão em água..... | 44 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 01 - Distribuição dos pontos apresentados em um plano cartesiano.....                                                                    | 32 |
| Gráfico 02 - Curva gerada pelos pontos apresentados pelo computador da prensa. ....                                                              | 32 |
| Gráfico 03 - Reta extraída da curva representada no Gráfico 02. ....                                                                             | 33 |
| Gráfico 04 - Comportamento gráfico do índice de absorção d'água e linhas de tendência dos tijolos do Lote 1.....                                 | 37 |
| Gráfico 05 - Comportamento gráfico do índice de absorção d'água e linhas de tendência dos tijolos do Lote 2.....                                 | 37 |
| Gráfico 06 - Gráfico 06 - Comparação do comportamento gráfico do índice de absorção d'água e linhas de tendência dos tijolos dos lotes.....      | 38 |
| Gráfico 07 – Comparação resistência a compressão média dos blocos dos lotes Lote 1 e Lote 2. ....                                                | 45 |
| Gráfico 08 – Comparação módulo de elasticidade média dos blocos dos lotes Lote 1 e Lote 2. ....                                                  | 45 |
| Gráfico 09 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados em condições ambientes.....                                                         | 47 |
| Gráfico 10 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados em condições ambientes, retirada da curva de ruptura.....           | 47 |
| Gráfico 11 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 12 horas de imersão em água.....                                               | 48 |
| Gráfico 12 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 6 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.....  | 48 |
| Gráfico 13 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 12 horas de imersão em água.....                                               | 49 |
| Gráfico 14 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 12 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura..... | 49 |
| Gráfico 15 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 24 horas de imersão em água.....                                               | 50 |
| Gráfico 16 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 24 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura..... | 50 |

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 17 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 48 horas de imersão em água.....                                                | 51 |
| Gráfico 18 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 48 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura. .... | 51 |
| Gráfico 19 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados em condições ambientes.....                                                          | 52 |
| Gráfico 20 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados em condições ambientes, retirada da curva de ruptura. ....           | 52 |
| Gráfico 21 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 6 horas de imersão em água.....                                                 | 53 |
| Gráfico 22 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 6 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura. ....  | 53 |
| Gráfico 23 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 12 horas de imersão em água.....                                                | 54 |
| Gráfico 24 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 12 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura. .... | 54 |
| Gráfico 25 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 24 horas de imersão em água.....                                                | 55 |
| Gráfico 26 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 24 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura. .... | 55 |
| Gráfico 27 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 48 horas de imersão em água.....                                                | 56 |
| Gráfico 28 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 48 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura. .... | 56 |
| Gráfico 29 - Comparação entre análise individual (01) e gráfica (02) do Lote 1. ....                                                              | 57 |
| Gráfico 30 - Comparação entre análise individual (01) e gráfica (02) do Lote 2. ....                                                              | 57 |

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Equação 01 - Índice de absorção d'água em função da massa seca e da massa úmida. .... | 28 |
| Equação 02 - Tensão em função do módulo de elasticidade de da deformação. ....        | 31 |

## SUMÁRIO

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AGRADECIMENTOS .....                                                               | 2  |
| RESUMO .....                                                                       | 3  |
| ABSTRACT .....                                                                     | 4  |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                                  | 14 |
| 1.1 Justificativa e Motivação .....                                                | 14 |
| 1.2 Objetivos Gerais e Específicos .....                                           | 16 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....                                                         | 18 |
| 2.1 Os blocos cerâmicos e sua aplicação .....                                      | 18 |
| 2.2 As alvenarias e suas execuções .....                                           | 19 |
| 2.3 Do contexto histórico das construções com alvenaria de vedação e resistente .. | 21 |
| 2.4 As normas técnicas.....                                                        | 22 |
| 2.5 As exigências normativas vigentes .....                                        | 23 |
| 2.5.1 Fabricação .....                                                             | 23 |
| 2.5.2 Identificação .....                                                          | 23 |
| 2.5.3 Características visuais .....                                                | 23 |
| 2.5.4 Características geométricas .....                                            | 23 |
| 2.5.5 Características físicas .....                                                | 24 |
| 2.5.6 Característica mecânica .....                                                | 24 |
| 2.6 A importância do índice de absorção d'água.....                                | 24 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....                                                         | 26 |
| 3.1 Determinação da massa seca, da massa úmida e do índice de absorção d'água.     | 27 |
| 3.2 Determinação da resistência à compressão dos blocos .....                      | 28 |
| 3.3 Determinação do Módulo de Elasticidade .....                                   | 31 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                                                     | 34 |
| 4.1 Determinação da massa seca, da massa úmida e do índice de absorção d'água.     | 34 |
| 4.1.1 Resultados encontrados .....                                                 | 34 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.2 Análise dos resultados .....                                              | 38 |
| 4.1.3 Resultados de outros pesquisadores .....                                  | 39 |
| 4.2 Determinação da resistência à compressão e do módulo de elasticidade .....  | 39 |
| 4.2.1 Resultados encontrados .....                                              | 39 |
| 4.2.2 Análise dos resultados .....                                              | 45 |
| 4.2.3 Resultados de outros pesquisadores .....                                  | 46 |
| 4.3 Determinação gráfica do Módulo de Elasticidade .....                        | 47 |
| 4.3.1 Comparação entre análise individual e gráfica do módulo de elasticidade.. | 57 |
| 5 CONCLUSÕES .....                                                              | 58 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                | 60 |

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Justificativa e Motivação**

Mesmo com o advento do concreto e materiais de construção de grande desempenho e alta tecnologia, o bloco cerâmico continua sendo um dos materiais mais utilizados no mercado da construção civil para a edificação da alvenaria tendo em vista o seu grande desempenho construtivo como resistência mecânica, isolamento térmico, acústico e lumínico, baixa absorção de água e a segurança proporcionada aos usuários do ambiente. Outras vantagens apresentadas pelos tijolos é possibilidade de detalhamentos estéticos agradáveis e diferentes formas de execução; leveza que este atribui às paredes e consequentemente a superestrutura e a infraestrutura da edificação (fundação); o tamanho e a forma do material cerâmico ocasionam facilidade de manuseio durante a construção; sua principal matéria-prima, a argila, existe em abundância na maior parte do país; como são fabricados sob altas temperaturas, possuem alta resistência ao fogo; e grande durabilidade. Tudo isso associado ao baixo custo deste material.

Os blocos de alvenaria de vedação foram, desde meados da década de 60, e continuam sendo utilizados para ter, até certo ponto, um desempenho estrutural. Como exemplo tem-se os prédios-caixão, as residências uni familiares de pequeno porte e as edificações informais construídas sem a devida orientação de um técnico especializado. Estes principais tipos de edificação, com seus respectivos sistemas estruturais, fazem parte do mercado que utiliza largamente o tijolo como composição de elementos da infraestrutura (fundação) e da superestrutura (paredes).

No entanto, alguns desses tipos de obras de alvenaria apresentaram ou apresentam defeitos estruturais e construtivos. O que nos leva a questionar se isso é causado pelo comportamento dos blocos ou das condições, sejam estas próprias dos blocos desde a sua concepção ou atribuídas ao longo do tempo de uso deles.

Por conta da ausência de norma ou legislação específica que determine requisitos básicos e exigências a serem cumpridas no processo de produção, as olarias acabam não cumprindo alguns requisitos indispensáveis na produção do bloco. Principalmente no processo de ceramização (vitrificação).

Em seu livro, Callister (2000) constatou que a temperatura de cozimento depende da composição e das propriedades desejadas para a peça acabada. Durante a operação cozimento,

a densidade é novamente aumentada (com a consequente diminuição na porosidade) e a resistência mecânica é melhorada. Quando materiais à base de argila são aquecidos a temperaturas elevadas, ocorrem algumas reações consideravelmente complexas. Uma dessas é a vitrificação, a formação gradual de um vidro líquido que flui para dentro e preenche parte do volume dos poros. O grau de vitrificação depende da temperatura e do tempo de cozimento, bem como da composição do corpo. Essa fase fluída escoia ao redor das partículas não fundidas que permanecem no meio e preenche os poros, como resultados de forças de tensão superficial (ou ação capilar); uma contração de volume também acompanha este processo. O grau de vitrificação, obviamente, controla as propriedades à temperatura ambiente da peça cerâmica; resistência, durabilidade e densidade são melhoradas à medida que a vitrificação aumenta. A temperatura de cozimento determina a extensão de acordo com a qual ocorre a vitrificação; isto é, a vitrificação aumenta em função de um aumento na temperatura do cozimento. Os tijolos de construção são cozidos normalmente a uma temperatura de aproximadamente 900°C, e são relativamente porosos.

A falta de controle da temperatura de cozimento dos blocos de argila é dada pela dificuldade dos fornos à lenha a atingir determinada temperatura. Logo, a finalização do processo de vitrificação não ocorre com total êxito. Isso faz com que as principais características desse material fiquem comprometidas, como exemplo tem-se o desempenho hidráulico; este passa a absorver mais água que deve. Um outro agravante gerado por isso é a chamada Expansão Por Umidade (EPU), que é o aumento do volume do bloco cerâmico mediante o contato prolongado com água ou variação acentuada de temperatura.

O clima tropical quente e úmido da Região Metropolitana do Recife, típico do litoral leste nordestino, com índice pluviométrico superior a 2 000 milímetros anuais e elevação do nível d'água nas estações inverniais, muitas vezes ocasionando alagamentos, associado ao problema de Expansão Por Umidade (EPU) faz com que os sistemas construtivos e estruturais que fazem uso dos referidos elementos sejam comprometidos diante dessas condições. Vale salientar que a EPU pode comprometer a estabilidade mecânica dos blocos. Logo, é de grande importância análise de ensaios de resistência à compressão de corpos-de-prova submetidos à saturação em água em intervalos de tempo diferentes.

Oliveira (2005) afirmou que o laudo de avaliação conduzido pelo CREA-PE concluiu que a causa principal da ruína dos prédios caixão foi à perda de resistência dos blocos de fundação decorrente da expansão por umidade ao longo de sua vida útil.

Logo, faz-se necessário que sejam observadas as principais características dos blocos cerâmicos, argamassa de assentamento e revestimento. E mensurá-las a fim de que se possa obter um maior controle da qualidade dos lotes recebidos em obra pelo construtor. Diante disso, atualmente existem normas específicas de terminologia, requisitos básicos e métodos de ensaio em laboratório para esses elementos que compõem a alvenaria.

Atualmente não se tem previsão normativa que exija a verificação do módulo de elasticidade (módulo de Young) dos tijolos. No entanto, esta propriedade tem grande importância no desempenho mecânico dos elementos e também é indispensável para implementação de modelos numéricos.

Juste (2001, apud Santos, 2008) ressalta a necessidade de uma norma específica para a obtenção do módulo de elasticidade das unidades e componentes da alvenaria. Comenta, ainda, que os valores obtidos sejam afetados por diversos fatores, tais como velocidade de carregamento, dimensões dos corpos de prova, inviabilizando, assim, a comparação direta dos seus resultados com os de outros pesquisadores.

## **1.2 Objetivos Gerais e Específicos**

O objetivo global do presente trabalho é observar e estudar o comportamento físico e mecânico dos tijolos comercializados na grande RMR e verificar se eles estão de acordo com os padrões legais vigentes.

Vários são os objetivos específicos, a saber:

- Determinar a massa seca e o índice de absorção de água dos blocos em vários intervalos de tempo, para poder afirmar se eles cessam ou continuam a absorver uma quantidade considerável de água;
- Determinar a resistência à compressão individual dos blocos cerâmicos de alvenaria de vedação em função do tempo de imersão em água;
- Analisar e determinar o comportamento gráfico da curva tensão-deformação dos corpos-de-prova;
- Como atualmente há carência de resultados experimentais de módulo de elasticidade, achamos importante calcular através da curva tensão versus deformação o módulo de elasticidade longitudinal (módulo de Young) dos tijolos em diferentes níveis de umidade;

- Comparar os resultados dos parâmetros anteriormente mencionados de blocos cerâmicos de dois lotes fabricados por olarias diferentes;
- Comparar os resultados obtidos com outras pesquisas já realizadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Os blocos cerâmicos e sua aplicação

Blocos cerâmicos de alvenaria de vedação, comumente denominado como tijolo, é um tipo de material de construção civil destinado prioritariamente à construção de paredes cuja contribuição mecânica-estrutural para o arcabouço da edificação não é considerada, ou seja, é um elemento necessário apenas a construção de vedos verticais. No entanto, tendo em vista a sua grande popularização no mercado brasileiro, este material tem sido utilizado para diversos fins, principalmente como alvenaria estrutural (resistente) em edificações de pequeno porte.

Os blocos de vedação são aqueles destinados à execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação (armários, pias, lavatórios) e geralmente são utilizados com os furos na posição horizontal. (INMETRO, 2009)

Os elementos de vedações fazem parte de um ambiente onde convivem com outros elementos constituintes da edificação tais como o arcabouço estrutural, microclima, propriedades físicas e químicas inerentes a cada material. Além da forma de execução da edificação onde a qualidade dos materiais, mão-de-obra e tempo de execução fazem parte do contexto construtivo. (TAGUCHI, 2008).

Figura 01 – Bloco de alvenaria de vedação com oito furos na horizontal.



FONTE: Cerâmica Salema.

## 2.2 As alvenarias e suas execuções

Para Sabatini (1984), a alvenaria caracteriza-se por ser um subsistema da construção produzido no canteiro, resultante da união de seus componentes (tijolos ou blocos) através de juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso.

Pereira (2005) afirma que as paredes de alvenaria constituem um dos subsistemas mais importantes presentes nos edifícios, particularmente as paredes exteriores que, separando o ambiente interior do exterior, são decisivas para o desempenho dos edifícios. Apesar desta inegável importância, as paredes exteriores, de um modo geral, são objeto de poucos cuidados.

São chamados componentes da alvenaria os tijolos ou blocos utilizados em sua execução. Os componentes da alvenaria são elementos de tamanho e peso manuseáveis, e geometria regular. As juntas de argamassa são constituídas pela argamassa de assentamento aplicada em estado plástico que, após o endurecimento e cura, apresenta forma definida e função de solidarização dos componentes (SABBATINI, 1984).

Em sua publicação, Nascimento (2004) afirma que a principal função das alvenarias é de estabelecer a separação entre ambientes, e principalmente a alvenaria externa que tem a responsabilidade de separar o ambiente externo do interno e para cumprir esta função deverá atuar sempre como freio, barreira e filtro seletivo, controlando uma série de ações e movimentos complexos quase sempre muito heterogêneos. As principais propriedades das alvenarias são:

- Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistência à pressão do vento;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência às infiltrações de água pluvial;
- Controle da migração de vapor de água e regulação da condensação;
- Base ou substrato para revestimentos em geral;
- Segurança para usuários e ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes.

A vedação vertical, por outro lado ocupa posição estratégica entre os serviços da construção de edifícios. A vedação vertical é o subsistema que tem como principais funções compartimentar a edificação e propiciar aos ambientes característica que permitam o adequado desenvolvimento das atividades para as quais eles foram projetados. Constitui-se,

além dos vedos, que definem a tecnologia de produção e são os principais responsáveis pelo desempenho global da vedação vertical, dos revestimentos e das esquadrias existentes sobre as paredes. Além disso, a vedação vertical possui interface com vários outros subsistemas do edifício, como a estrutura, as instalações, as vedações horizontais, impermeabilizações, entre outros. (FRANCO, 1998)

No entanto, Franco (1998) afirmou que suas características condicionam também a possibilidade de ocorrência de problemas patológicos, nos seus próprios componentes – alvenaria e revestimentos - ou nos subsistemas que nela estão localizados como as instalações prediais, ou ainda nos problemas de interface com os demais subsistemas dos edifícios.

Segundo Nascimento (2004), são denominadas de alvenaria de vedação as montagens de elementos destinados às separações de ambientes; são consideradas apenas de vedação por trabalhar no fechamento de áreas sob estruturas, sendo necessário cuidados básicos para o seu dimensionamento e estabilidade.

São denominadas de alvenaria resistente as montagens de elementos destinados às separações de ambientes e que, por uma indução, também participam do arcabouço estrutural da edificação. Ou seja, estas paredes de alvenaria acabam se associando ao sistema estrutural, substituindo, até certo ponto, os elementos verticais da superestrutura (pilares e pilaretes) e da infraestrutura (fundação corrida), absorvendo assim, as cargas das lajes e sobrecargas.

Alves (2006) comentou que o principal conceito estrutural, quando se fala em alvenaria resistente como processo construtivo para montagem de uma estrutura, é a transmissão dos esforços através de tensões de compressão. Esse sistema construtivo era formado inicialmente pelo simples empilhamento das unidades (tijolos de barro, blocos ou pedras) de forma a compor os painéis de alvenaria.

Para Andrade (2007), entende-se aqui por alvenaria resistente, a alvenaria estrutural empregada de forma empírica, onde os componentes não têm controle tecnológico adequado, não são utilizados os conceitos de modulação e não se tem racionalização do processo construtivo.

Para Prata *et al* (2012), a técnica de construção adotada nos “prédios-caixão” é denominada alvenaria resistente, constituída de blocos cerâmicos vazados assentados com os furos na horizontal ou de blocos de concreto. Os pavimentos são intercalados com laje pré-moldada ou moldada *in loco* e, em todos os casos, escada moldada no local em concreto armado, com a caixa de escada aporticada ou apoiada sobre painéis de alvenaria resistente.

### 2.3 Do contexto histórico das construções com alvenaria de vedação e resistente

O domínio tecnológico da produção das alvenarias e revestimentos até o final do século XIX era dos mestres de obra, responsáveis pelo andamento e qualidade da execução dos serviços. As técnicas eram repassadas informalmente de geração para geração de profissionais. Com a crescente desqualificação e desvalorização da mão-de-obra que ocorreu a partir da década de 50, a boa técnica de construir foi perdida. Ninguém mais tinha do domínio sobre a técnica de produção da vedação vertical. (FRANCO, 1998)

Andrade (2007) e Prata *et al* (2012) afirmam que o tipo construtivo de alvenaria resistente teve grande impulso a partir da década de 70, quando se passou a construir, em larga escala, edifícios populares com até quatro pavimentos, financiada pelo BNH (Banco Nacional de Habitação). No início, os edifícios eram construídos sobre pilotis, a partir de uma grelha em concreto armado, a estrutura dos apartamentos era erguida, em alvenarias portantes, que possuíam áreas próximas de 100 m<sup>2</sup>. Foram largamente empregados blocos cerâmicos ou de concreto destinados a vedação, com função estrutural. A partir dos anos 80, com o processo inflacionário existente e com a deterioração dos salários, para viabilizar a comercialização, as áreas das unidades habitacionais foram sucessivamente reduzidas, atingindo cerca de 50 m<sup>2</sup> de área interna construída. Para maior aproveitamento dos terrenos, o pavimento térreo passou também a ser ocupado por unidades residenciais. Essas construções passaram a nascer das fundações, com uma tipologia em forma de caixa, resultando os denominados “prédios-caixão”. Este partido construtivo se constitui, em geral, de blocos residenciais de até quatro pavimentos (por ser este o número máximo de pavimentos permitindo sem o uso de elevadores) com quatro apartamentos por pavimento, assemelhando-se a uma grande caixa apoiada no terreno.

Segundo Oliveira (2004), os edifícios tipo “caixão”, foram originados por aspectos sociais, políticos e econômicos. Nesse processo de degradação da qualidade estima-se hoje que foram construídos o equivalente a cerca de 6 000 prédios nos últimos trinta e cinco anos, com até quatro pavimentos. Ver figura 02. Nesses edifícios, habitam cerca de 240 000 pessoas, correspondendo a aproximadamente 10% da população da Região Metropolitana do Recife.

Figura 02 - Prédios-caixão do bairro do Ipsep, zona sul do Recife.



A Região Metropolitana do Recife (RMR) é composta por 17 municípios, a saber: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Escada, Goiana, Igarassu, Ipojuca, Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, São Lourenço da Mata, Sirinhaém e Recife.

Vale resaltar que este tipo construtivo não se deteve somente a RMR, pois foi amplamente utilizado em edificações localizadas em diversas outras cidades do território brasileiro na mesma época.

## **2.4 As normas técnicas**

Somente em 1998 passou a existir norma específica que fixe requisitos básicos e condições exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos a serem utilizados em obras de alvenaria, com ou sem revestimento; que foi a NBR 7171 – Blocos cerâmicos para alvenaria. Mas antes disso, em 1983, foi lançada uma norma que prescrevia o método para verificação da resistência a compressão de blocos cerâmicos para alvenaria.

Em 2005 foi publicada a norma NBR 15270 que determina terminologia, requisitos básicos e métodos de ensaio para tijolos cerâmicos.

## 2.5 As exigências normativas vigentes

Para o tipo de bloco mencionado, a Associação Brasileira de Normas Técnicas menciona através da NBR 15270-1 alguns requisitos a serem cumpridos. Dentre eles temos:

### 2.5.1 Fabricação

O bloco cerâmico deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado em elevadas temperaturas.

### 2.5.2 Identificação

Deve trazer, obrigatoriamente, gravado em ao menos uma das suas faces externas, a identificação do fabricante e do bloco, em baixo relevo ou reentrância, com caracteres de no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique o seu uso. Nessa inscrição deve constar no mínimo o seguinte: identificação da empresa e dimensões de fabricação em centímetros, na sequencia largura (L), altura (H) e comprimento (C), na forma (L x H x C), podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida em centímetros.

### 2.5.3 Características visuais

O bloco cerâmico de vedação não deve apresentar defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na função especificada. As características visuais do bloco cerâmico face-à-vista devem atender aos critérios de avaliação da aparência especificados.

### 2.5.4 Características geométricas

O bloco de vedação estudado neste trabalho deve possuir a forma de um prisma reto. Ver Figura 03. As dimensões de fabricação devem ser de largura de 9 cm, e altura e comprimento de 19 cm. Sendo as tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva de 5 mm para mais ou para menos da largura, da altura e/ou do

comprimento. E as tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas de 3 mm para mais ou para menos da largura, da altura e/ou do comprimento.

A espessura dos septos dos blocos cerâmicos de vedação deve ser no mínimo 6 mm e a das paredes externas no mínimo 7 mm. O desvio em relação ao esquadro deve ser no máximo 3 mm. A flecha ou planeza das faces deve ser no máximo 3 mm.

A área bruta é uma das características mencionadas na norma, mas que não se faz necessário sua mensuração em laboratório.

#### 2.5.5 Características físicas

A massa seca ( $m_s$ ) de cada bloco deve ser medida em laboratório através de instrumentos especificados juntamente com índice de absorção de água (AA). O índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

#### 2.5.6 Característica mecânica

A característica mecânica dos blocos cerâmicos de alvenaria de vedação é a resistência à compressão individual ( $f_b$ ). Para os blocos usados com furos na horizontal esta resistência deve ser igual ou superior a 1,5 MPa, já para os blocos usados com furos na vertical esta resistência não pode ser inferior a 3,0 MPa.

### 2.6 A importância do índice de absorção d'água

Segundo Bastos (2003), esta propriedade está relacionada à permeabilidade do componente e à relação entre sua superfície e a argamassa de assentamento e revestimento, no momento da aplicação. A taxa de absorção inicial é um índice que mede o potencial do bloco em retirar a água da argamassa durante o assentamento.

Franco (1988) e Roman (1991) afirmam que esta propriedade tem grande importância na união entre bloco e argamassa. Se a quantidade de água retirada for muito grande, a argamassa pode ter suas propriedades mecânicas pioradas, sobretudo a aderência bloco-argamassa, aumentando a probabilidade de fissuração das juntas, com a criação de um caminho para penetração da água.

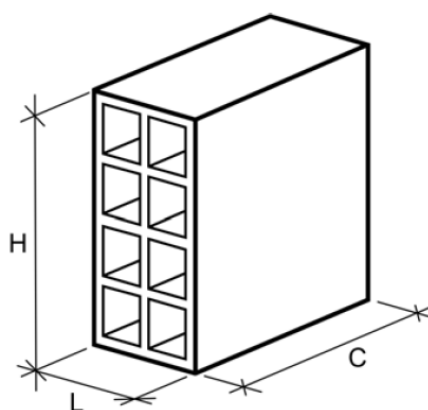
A baixa taxa de absorção representa alta resistência mecânica, mas valores menores que 10% dificultam a adesão entre o bloco e a argamassa, enquanto que a taxa de absorção muito alta indica que o material é muito poroso e permeável, prejudicando o desempenho quando utilizado aparente. A faixa ideal, segundo Silva *et al* (2001), está situada entre 18 e 20%.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Grande parte da metodologia utilizada está fundamentada nas seguintes normas: ABNT NBR 15270-1, ABNT NBR 15270-3 e ASTM C67-14.

O objeto de estudo são dois lotes de blocos utilizados na construção de alvenaria de vedação e resistente com oito furos na horizontal e dimensões de 9 cm de largura e 19 cm de altura e comprimento fabricados por duas olarias diferentes; a saber: Lote 1 e Lote 2.

Figura 03 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal.



FONTE: ABNT NBR 15270-1.

Diante dos lotes entregues ao Galpão de Estruturas e Construção Civil, retiramos os corpos-de-prova, constituídos por um bloco principal, íntegros e isentos de defeitos, foram recebidos, identificados, limpos, retiradas as rebarbas e colocados em ambiente protegido de modo que fossem preservadas suas características originais. Conforme as normas. Ver Figura 04.

Figura 04 – Lote de blocos cerâmicos.



### 3.1 Determinação da massa seca, da massa úmida e do índice de absorção d'água

Para a determinação da massa seca foram selecionados e preparados uma série de 15 blocos, retiramos o pó, rebarbas e outras partículas soltas, foram submetidos à secagem no forno *Ceramic Furnaces KK 260 SO 1060 with 405 controller* a 105°C em intervalos de 1h e através de uma balança foi pesada a massa individual dos corpos-de-prova, até que duas pesagens consecutivas de cada um deles difiram em no máximo 0,25%, sempre sendo pesados imediatamente após a remoção do forno. Por fim, foi determinada a massa seca ( $m_s$ ) dos corpos-de-prova após a estabilização das pesagens, nas condições acima estabelecidas, expressando-as em gramas. Obtidos os valores da massa seca individual dos blocos, foram deixados em um ambiente arejado para a estabilização gradual da sua temperatura, até que eles atinjam a temperatura ambiente.

Após a determinação da massa seca, os corpos-de-prova foram colocados em um recipiente de dimensões apropriadas, preenchido com água a temperatura ambiente, em volume suficiente para mantê-los totalmente imersos. Ver Figura 05. E em intervalos de 6, 12, 24 e 48h foram pesados os respectivos blocos para determinarmos a quantidade de água absorvida com o decorrer do tempo e assim poder inferir se há uma diminuição ou continuação de absorção d'água. As medições foram realizadas da seguinte forma: os corpos-de-prova foram removidos do recipiente, colocados em bancada para permitir o escoamento do excesso de água; com o auxílio de um pano limpo e úmido removemos água remanescente,

observando que o tempo decorrido entre a remoção do excesso de água na superfície e o término das pesagens não deve ser superior a 15 minutos. A massa úmida ( $m_u$ ), expressa em gramas, é determinada pela pesagem de cada corpo-de-prova saturado logo após ser retirado da água.

O índice de absorção de água (AA) de cada corpo-de-prova é determinado pela Equação 01, onde  $m_u$  e  $m_s$  representam a massa úmida e a massa seca de cada corpo-de-prova, respectivamente, expressas em gramas.

Equação 01 - Índice de absorção d'água em função da massa seca e da massa úmida.

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} 100$$

Figura 05 - Uma série de blocos submersos em água.



### 3.2 Determinação da resistência à compressão dos blocos

Neste ensaio os blocos foram preparados da seguinte forma: primeiramente realizamos o capeamento deles (cobriu-se com argamassa uma superfície horizontal de vidro recoberta com uma leve camada de óleo mineral, aplicou-se à face destinada ao assentamento sobre a argamassa exercendo sobre o bloco uma pressão manual suficiente para fazer refluir a

argamassa interposta, de modo a reduzir a espessura (que deve ser no máximo de 3 mm), quando a argamassa já estava endurecida, retiramos com espátulas o excesso de argamassa existente, foi realizado o mesmo na face oposta dos blocos, obtendo-se assim um corpo-de-prova com duas faces de trabalho devidamente regularizadas). Ver Figura 06.

Figura 06 – Processo de capeamento dos blocos.



Após o endurecimento das camadas de capeamento, selecionamos uma série de 15 blocos para serem rompidos a condições ambientes, depois imergimos em água à temperatura ambiente quatro séries, cada uma contendo 15 blocos para serem rompidos após intervalos de tempo de imersão em água diferentes. Ver Figura 07. Isso foi feito para perceber se o desempenho mecânico, a resistência à compressão, dos blocos varia em função da quantidade de água absorvida com o tempo.

Figura 07 – Blocos com capeamento das devidas faces de trabalho.



Após a devida preparação de cada série, iniciamos o ensaio de resistência à compressão propriamente dito. Todos foram ensaiados de modo que a carga fosse aplicada na direção do esforço que o bloco devesse suportar durante o seu emprego, sempre perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentimento, ou seja, furos na horizontal como mostra a Figura 08. Ensaiados em uma prensa universal, os corpos-de-prova foram colocados na prensa de modo que o seu centro de gravidade estivesse no eixo de carga dos pratos da prensa.

1 série de 15 blocos – Condições de temperatura e umidade ambientes

1 série de 15 blocos – 6h submersos em água

1 série de 15 blocos – 12h submersos em água

1 série de 15 blocos – 24h submersos em água

1 série de 15 blocos – 48h submersos em água

Figura 08 – Demonstração de uma ruptura de bloco em ensaio de resistência à compressão.



### 3.3 Determinação do Módulo de Elasticidade

Para a determinação do módulo de elasticidade dos corpos-de-prova ensaiados à resistência à compressão utilizamos os gráficos de tensão *versus* deformação obtidos através da prensa universal. Ver Figura 09.

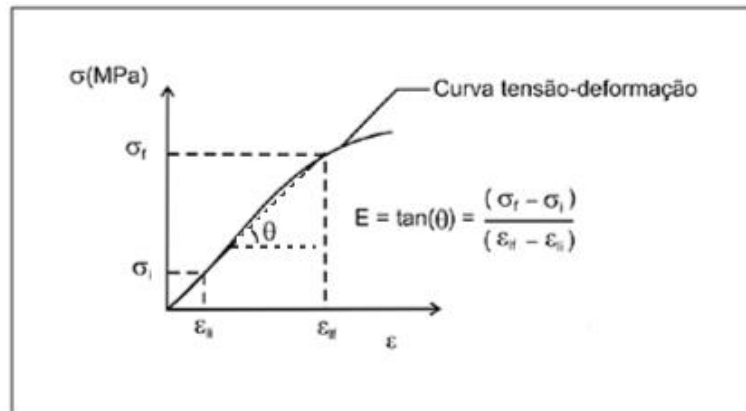
A relação linear entre tensão e deformação para um bloco em compressão simples é expressa pela Equação 02.

Equação 02 - Tensão em função do módulo de elasticidade e da deformação.

$$\sigma = E\varepsilon$$

Em que  $\sigma$  é a tensão axial,  $\varepsilon$  é a deformação axial e  $E$  é uma constante de proporcionalidade conhecida como módulo de elasticidade ou módulo de Young do material. O módulo de elasticidade é a inclinação do diagrama de tensão-deformação na região elástica linear (GERE, 2012).

Figura 09 – Gráfico de tensão deformação.



A partir dos dados gerados no ensaio de compressão construímos o gráfico tensão x deformação. Ver Gráficos 01 e 02.

Gráfico 01 - Distribuição dos pontos apresentados em um plano cartesiano.

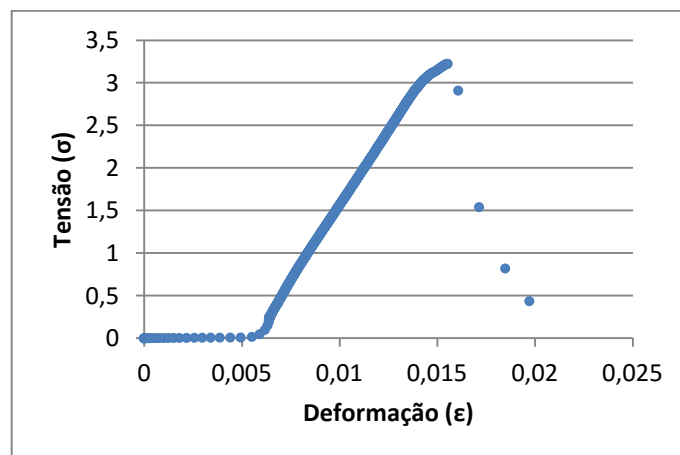
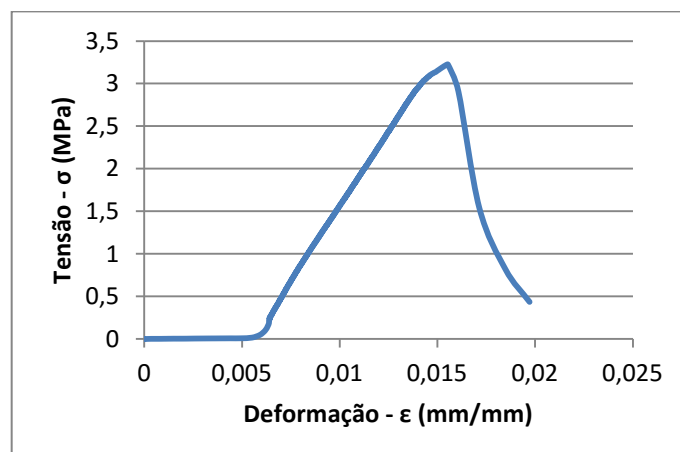
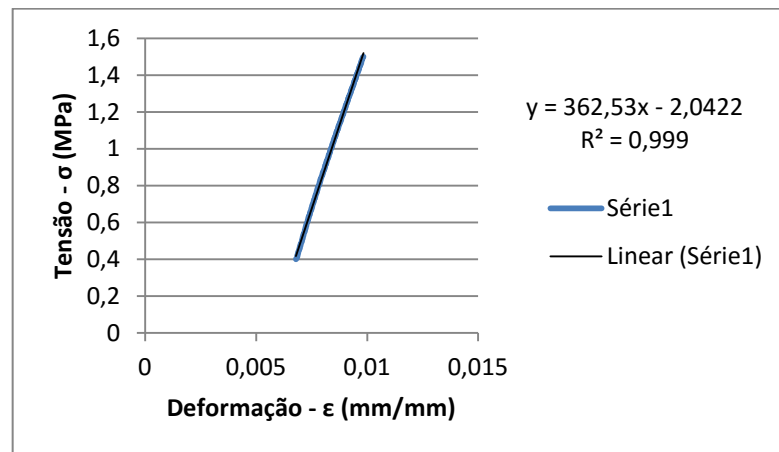


Gráfico 02 - Curva gerada pelos pontos.



Mas, para um melhor tratamento dos resultados, foram eliminados os pontos da parte de baixo do gráfico, do efeito de acomodação das placas da prensa no corpo-de-prova e da parte de cima do gráfico, para garantir que não está sendo contabilizado os pontos do estado plástico, ou seja, para obter o módulo de elasticidade admitiram-se, como trecho linear, valores do gráfico de tensão x deformação de 0,4 MPa até, aproximadamente, 50% da tensão de ruptura, e com a ajuda da planilha eletrônica Microsoft Excel® traçamos uma curva de tendência, o módulo de elasticidade é encontrado a partir da equação dessa curva. Ver Gráfico 03. Nesse exemplo o módulo de elasticidade foi 362,5 MPa.

Gráfico 03 - Reta extraída da curva representada no Gráfico 02.



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Determinação da massa seca, da massa úmida e do índice de absorção d'água**

#### **4.1.1 Resultados encontrados**

Nas tabelas e nos gráficos que seguem encontram-se os resultados dos ensaios de absorção dos blocos, onde constam a massa dos blocos em condições ambientes, a massa dos blocos após o processo de secagem, a massa dos blocos após um intervalo de tempo imersos em água e o índice de absorção para os diferentes tempos de imersão em água.

Tabela 01 - Resultado da massa seca e índice de absorção dos blocos do Lote 1.

| N           | Massa em condições ambientes (g) | Massa seca (g) | 1º<br>Pesagem  | AA<br>(6h)    | 2º<br>Pesagem  | AA<br>(12h)   | 3º<br>Pesagem  | AA<br>(24h)   | 4º<br>Pesagem  | AA<br>(48h)   | 5º<br>Pesagem  | AA<br>(14d)   |
|-------------|----------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| 1           | 2209,40                          | 2173,13        | 2462,21        | 13,30%        | 2465,25        | 13,44%        | 2469,96        | 13,66%        | 2475,81        | 13,93%        | 2497,88        | 14,94%        |
| 2           | 2162,98                          | 2131,25        | 2422,99        | 13,69%        | 2426,59        | 13,86%        | 2430,90        | 14,06%        | 2436,37        | 14,32%        | 2459,67        | 15,41%        |
| 3           | 2231,21                          | 2194,78        | 2481,50        | 13,06%        | 2484,53        | 13,20%        | 2488,25        | 13,37%        | 2493,15        | 13,59%        | 2517,40        | 14,70%        |
| 4           | 2189,69                          | 2155,32        | 2450,12        | 13,68%        | 2454,29        | 13,87%        | 2458,70        | 14,08%        | 2463,93        | 14,32%        | 2487,64        | 15,42%        |
| 5           | 2149,43                          | 2114,63        | 2403,90        | 13,68%        | 2407,40        | 13,84%        | 2412,42        | 14,08%        | 2417,25        | 14,31%        | 2438,39        | 15,31%        |
| 6           | 2138,78                          | 2100,32        | 2386,50        | 13,63%        | 2390,31        | 13,81%        | 2394,76        | 14,02%        | 2399,83        | 14,26%        | 2421,87        | 15,31%        |
| 7           | 2157,62                          | 2124,76        | 2414,78        | 13,65%        | 2418,71        | 13,83%        | 2422,18        | 14,00%        | 2427,84        | 14,26%        | 2450,35        | 15,32%        |
| 8           | 2162,08                          | 2128,18        | 2415,90        | 13,52%        | 2419,43        | 13,69%        | 2423,38        | 13,87%        | 2428,61        | 14,12%        | 2450,26        | 15,13%        |
| 9           | 2196,70                          | 2164,91        | 2456,07        | 13,45%        | 2456,42        | 13,47%        | 2464,30        | 13,83%        | 2468,91        | 14,04%        | 2491,66        | 15,09%        |
| 10          | 2143,01                          | 2113,29        | 2415,52        | 14,30%        | 2418,96        | 14,46%        | 2422,66        | 14,64%        | 2428,43        | 14,91%        | 2451,63        | 16,01%        |
| 11          | 2140,74                          | 2106,66        | 2398,93        | 13,87%        | 2401,63        | 14,00%        | 2405,98        | 14,21%        | 2411,11        | 14,45%        | 2432,57        | 15,47%        |
| 12          | 2117,63                          | 2180,90        | 2468,86        | 13,20%        | 2471,84        | 13,34%        | 2475,10        | 13,49%        | 2480,64        | 13,74%        | 2504,18        | 14,82%        |
| 13          | 2161,24                          | 2131,95        | 2432,81        | 14,11%        | 2435,99        | 14,26%        | 2440,85        | 14,49%        | 2446,39        | 14,75%        | 2469,98        | 15,86%        |
| 14          | 2117,77                          | 2081,08        | 2372,46        | 14,00%        | 2374,96        | 14,12%        | 2379,80        | 14,35%        | 2385,37        | 14,62%        | 2407,68        | 15,69%        |
| 15          | 2225,35                          | 2189,07        | 2473,34        | 12,99%        | 2476,32        | 13,12%        | 2481,95        | 13,38%        | 2486,51        | 13,59%        | 2507,57        | 14,55%        |
| $\bar{X} =$ | <b>2166,91</b>                   | <b>2139,35</b> | <b>2430,39</b> | <b>13,61%</b> | <b>2433,51</b> | <b>13,75%</b> | <b>2438,08</b> | <b>13,97%</b> | <b>2443,34</b> | <b>14,21%</b> | <b>2465,92</b> | <b>15,27%</b> |
| $\sigma =$  | 35,97                            | 34,90          | 33,50          | 0,37%         | 33,32          | 0,38%         | 33,45          | 0,38%         | 33,36          | 0,39%         | 33,76          | 0,41%         |

Tabela 02 - Resultado da massa seca e índice de absorção dos blocos do Lote 2.

| N           | Massa em condições ambientes (g) | Massa seca (g) | 1º<br>Pesagem  | AA<br>(6h)    | 2º<br>Pesagem  | AA<br>(12h)   | 3º<br>Pesagem  | AA<br>(24h)   | 4º<br>Pesagem  | AA<br>(48h)   | 5º<br>Pesagem  | AA<br>(14d)   |
|-------------|----------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| 1           | 2228,52                          | 2214,90        | 2517,21        | 13,65%        | 2523,18        | 13,92%        | 2527,78        | 14,13%        | 2535,48        | 14,47%        | 2561,12        | 15,63%        |
| 2           | 2235,02                          | 2231,66        | 2462,61        | 10,35%        | 2470,14        | 10,69%        | 2475,71        | 10,94%        | 2483,25        | 11,27%        | 2520,08        | 12,92%        |
| 3           | 2354,00                          | 2314,04        | 2624,15        | 13,40%        | 2629,97        | 13,65%        | 2632,91        | 13,78%        | 2639,83        | 14,08%        | 2659,36        | 14,92%        |
| 4           | 2314,00                          | 2280,13        | 2586,20        | 13,42%        | 2590,28        | 13,60%        | 2596,62        | 13,88%        | 2601,15        | 14,08%        | 2621,31        | 14,96%        |
| 5           | 2284,40                          | 2243,31        | 2558,24        | 14,04%        | 2562,61        | 14,23%        | 2566,21        | 14,39%        | 2574,38        | 14,76%        | 2593,3         | 15,60%        |
| 6           | 2210,97                          | 2203,90        | 2459,71        | 11,61%        | 2467,92        | 11,98%        | 2472,53        | 12,19%        | 2482,06        | 12,62%        | 2511,77        | 13,97%        |
| 7           | 2243,53                          | 2203,95        | 2508,61        | 13,82%        | 2512,91        | 14,02%        | 2516,95        | 14,20%        | 2523,49        | 14,50%        | 2543,35        | 15,40%        |
| 8           | 2279,02                          | 2250,70        | 2553,27        | 13,44%        | 2559,63        | 13,73%        | 2564,15        | 13,93%        | 2570,8         | 14,22%        | 2593,96        | 15,25%        |
| 9           | 2235,85                          | 2218,36        | 2526,60        | 13,89%        | 2532,35        | 14,15%        | 2536,72        | 14,35%        | 2544,83        | 14,72%        | 2569,8         | 15,84%        |
| 10          | 2321,74                          | 2297,61        | 2614,84        | 13,81%        | 2620,09        | 14,04%        | 2625,77        | 14,28%        | 2631,54        | 14,53%        | 2657,62        | 15,67%        |
| 11          | 2236,87                          | 2228,33        | 2514,24        | 12,83%        | 2518,71        | 13,03%        | 2524,15        | 13,28%        | 2532,25        | 13,64%        | 2565,58        | 15,13%        |
| 12          | 2294,53                          | 2258,81        | 2569,87        | 13,77%        | 2574,25        | 13,96%        | 2579,32        | 14,19%        | 2585,24        | 14,45%        | 2606,65        | 15,40%        |
| 13          | 2246,57                          | 2226,74        | 2547,20        | 14,39%        | 2553,32        | 14,67%        | 2558,26        | 14,89%        | 2565,59        | 15,22%        | 2588,18        | 16,23%        |
| 14          | 2243,16                          | 2236,00        | 2510,37        | 12,27%        | 2517,16        | 12,57%        | 2521,67        | 12,78%        | 2530,95        | 13,19%        | 2563,48        | 14,65%        |
| 15          | 2240,35                          | 2239,00        | 2417,03        | 7,95%         | 2423,87        | 8,26%         | 2431,47        | 8,60%         | 2440,05        | 8,98%         | 2473,95        | 10,49%        |
| $\bar{X} =$ | <b>2264,57</b>                   | <b>2243,16</b> | <b>2531,34</b> | <b>12,84%</b> | <b>2537,09</b> | <b>13,10%</b> | <b>2542,01</b> | <b>13,32%</b> | <b>2549,39</b> | <b>13,65%</b> | <b>2575,30</b> | <b>14,81%</b> |
| $\sigma =$  | 41,11                            | 32,56          | 57,28          | 1,72%         | 56,55          | 1,69%         | 56,08          | 1,65%         | 55,17          | 1,63%         | 51,15          | 1,44%         |

Lançamos os valores médios do índice de absorção d'água em função de tempo de imersão em um plano cartesiano para a construção de um esboço, a fim de que possamos entender a relação entre absorção e o tempo de imersão em água.

Gráfico 04 - Comportamento gráfico do índice de absorção d'água e linhas de tendência dos tijolos do Lote 1.

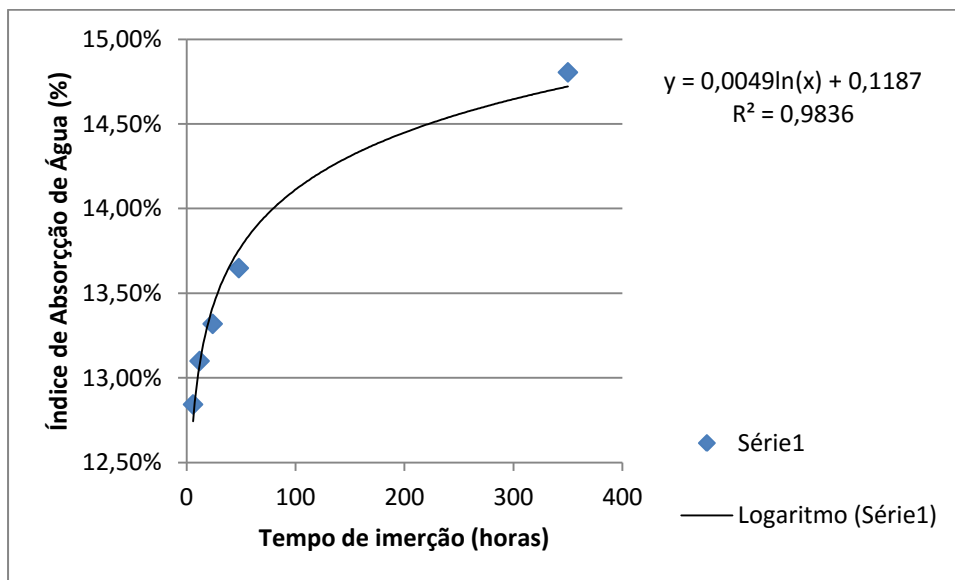


Gráfico 05 - Comportamento gráfico do índice de absorção d'água e linhas de tendência dos tijolos do Lote 2.

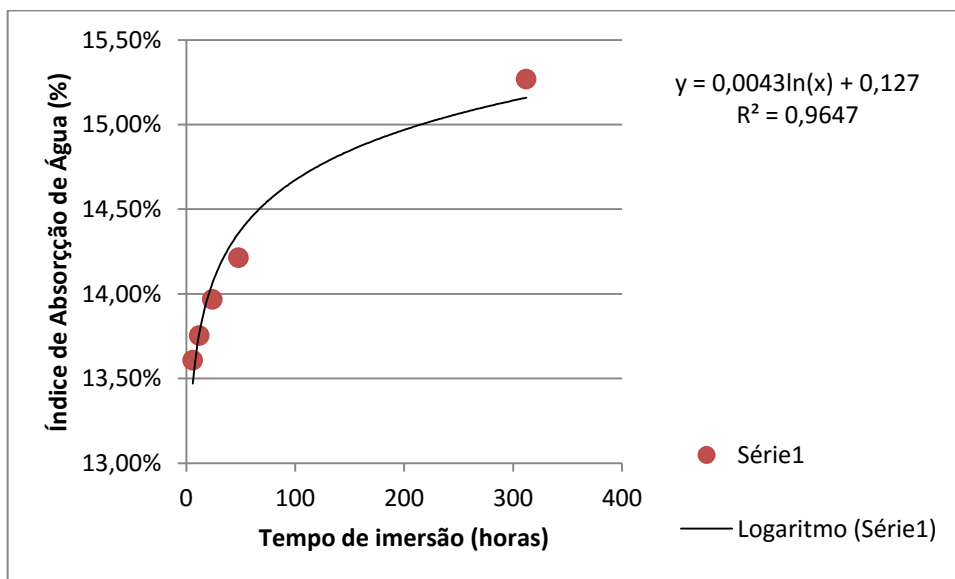
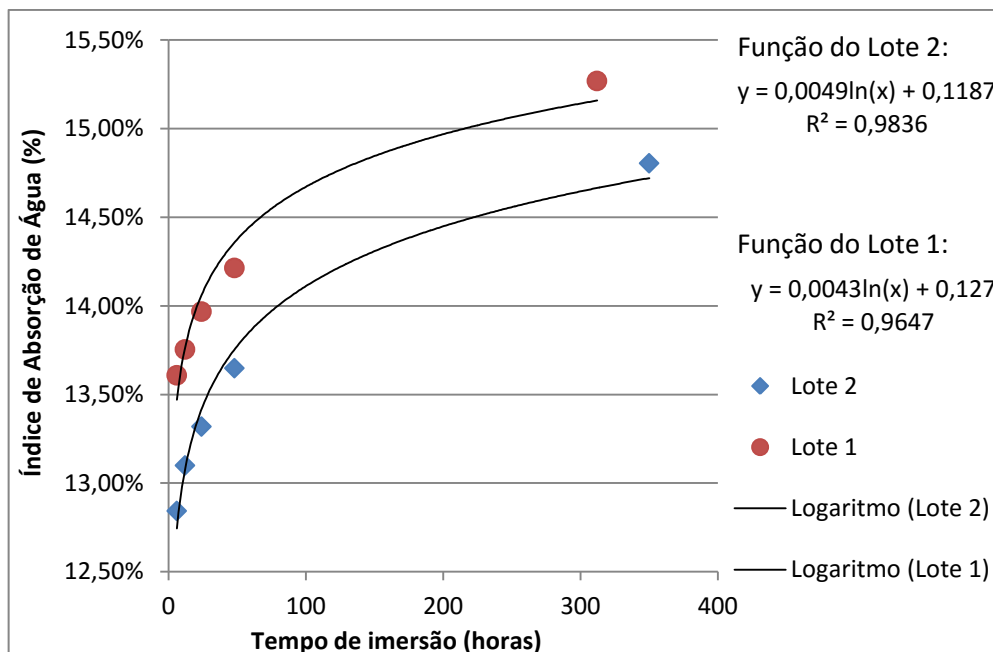


Gráfico 06 - Comparação do comportamento gráfico do índice de absorção d'água e linhas de tendência dos tijolos dos lotes.



#### 4.1.2 Análise dos resultados

Foi encontrado um peso médio dos blocos do Lote 1, em condições ambientes, de aproximadamente 2,3 kg e do lote 02 de 2,2 kg; com valores extremos de 2210,97 g e 2354 g do lote 01 e 2117,63 g e 2231,21 g do lote 02. Após o processo de secagem no forno, obtivemos valores da massa seca dos blocos, no lote 01 uma média de 2239 g e no lote 02, 2139,35g.

Já para o índice de absorção d'água, após 24h de saturação em água, encontramos, no lote 01 um valor máximo de 14,67 %, mínimo de 8,26 % e uma média de 13,32%; e no lote 02 valores extremos de 13,37 % e de 14,64 %, com uma média de 13,97 %.

Percebe-se que todas as amostras estão dentro do intervalo especificado em norma, logo, os lotes estão aprovados.

Como podemos observar nos Gráficos 04 e 05, o esboço gerado pela análise dos dois lotes apresentam curvas com o mesmo comportamento, desses gráficos percebe-se que após as primeiras 6h de imersão o índice de absorção tende a se estabilizar.

A absorção dos blocos está diretamente relacionada com o índice de vazios e este já depende de diversos fatores como, por exemplo: quantidade de água e material orgânico na argila antes do processo de cozimento.

#### 4.1.3 Resultados de outros pesquisadores

Em sua pesquisa, Pilz *et al* (2015) realizou ensaio com 5 lotes de blocos cerâmicos, com dimensões de 9x14x24 centímetros, comercializados em Chapecó (oeste de Santa Catarina) e 5 lotes na região litoral do estado; em cada lote ele amostrou 26 blocos. Na análise de índice de absorção de água observa-se que dentre as cinco marcas avaliadas e comercializadas na região oeste, quatro apresentaram índice de absorção de água fora do intervalo de 8% a 22%, passando do valor limite superior e foram rejeitadas. Já os lotes do litoral de Santa Catarina foram todos aprovados. Conforme dados anteriores o índice de absorção de água merece mais atenção, pois este quesito constantemente acaba reprovado.

Através de sua pesquisa, em Florianópolis, Santa Catarina, Oliveira (1993) percebeu que a taxa de absorção apresenta variabilidade e valores elevados (acima de 18%). A média de um dos lotes apresentou um valor bem acima do máximo recomendado pela NBR 7171 (Norma vigente à época do ensaio).

Sposto *et al* (2000) avaliou blocos fornecidos ao Distrito Federal por três fornecedores: Minas Gerais (MG), Goiás (GO) e o próprio DF. E constatou que, dos 6 lotes avaliados, 4 lotes passaram no teste obtendo um valor entre 18 e 22%, os outros 2 lotes foram reprovados, obtendo valores entre 23 e 25%. Levando-se em conta de que este resultado é uma média dos valores, conclui-se que muitos dos blocos possuem índices maiores que 25%.

Já Pessoa (2003) testou 5 blocos, de um lote comercializado em Pernambuco, e encontrou valores desta característica física entre 11,9 e 14,9%, sendo, desta forma, aprovado pela norma.

### 4.2 Determinação da resistência à compressão e do módulo de elasticidade

#### 4.2.1 Resultados encontrados

No total, foram rompidos 150 corpos-de-prova, a saber: 75 blocos do lote 01 e os outros 75 do lote 02.

Nas tabelas e nos gráficos que seguem encontram-se os resultados dos ensaios a compressão dos blocos onde constam as cargas de ruptura (N), resistência a compressão (MPa) e o módulo de elasticidade (MPa) calculado conforme está descrito em 3.3, para os diferentes tempos de imersão em água.

Tabela 03 - Resultado da resistência a compressão e módulo de elasticidade Lote 1 em condições ambientes.

| LOTE 1 (Secos) |                 |                                   |                      |               |
|----------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N              | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1              | 41430,00        | 17100,00                          | 2,42                 | 289,00        |
| 2              | 47280,00        | 17100,00                          | 2,76                 | 568,90        |
| 3              | 40890,00        | 17100,00                          | 2,39                 | 575,60        |
| 4              | 46350,00        | 17100,00                          | 2,71                 | 481,30        |
| 5              | 50700,00        | 17100,00                          | 2,96                 | 476,50        |
| 6              | 39630,00        | 17100,00                          | 2,32                 | 298,60        |
| 7              | 55150,00        | 17100,00                          | 3,23                 | 362,50        |
| 8              | 49500,00        | 17100,00                          | 2,89                 | 354,90        |
| 9              | 43240,00        | 17100,00                          | 2,53                 | 467,40        |
| 10             | 49000,00        | 17100,00                          | 2,87                 | 314,50        |
| 11             | 54140,00        | 17100,00                          | 3,17                 | 336,30        |
| 12             | 49690,00        | 17100,00                          | 2,91                 | 335,20        |
| 13             | 47290,00        | 17100,00                          | 2,77                 | 526,30        |
| 14             | 48230,00        | 17100,00                          | 2,82                 | 353,60        |
| 15             | 37710,00        | 17100,00                          | 2,21                 | 437,50        |
| $\bar{x} =$    | <b>46682,00</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>2,73</b>          | <b>411,87</b> |
| $\sigma =$     | 5156,65         | 0,00                              | 0,30                 | 98,33         |

Tabela 04 - Resultado da resistência a compressão e módulo de elasticidade Lote 2 em condições ambientes.

| LOTE 2 (Secos) |                 |                                   |                      |               |
|----------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N              | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1              | 38960,00        | 17100,00                          | 2,28                 | 414,30        |
| 2              | 24760,00        | 17100,00                          | 1,45                 | 367,00        |
| 3              | 27980,00        | 17100,00                          | 1,64                 | 355,40        |
| 4              | 29060,00        | 17100,00                          | 1,70                 | 318,00        |
| 5              | 24330,00        | 17100,00                          | 1,42                 | 258,70        |
| 6              | 25770,00        | 17100,00                          | 1,51                 | 428,00        |
| 7              | 27550,00        | 17100,00                          | 1,61                 | 324,60        |
| 8              | 32500,00        | 17100,00                          | 1,90                 | 453,00        |
| 9              | 28550,00        | 17100,00                          | 1,67                 | 388,10        |
| 10             | 21440,00        | 17100,00                          | 1,25                 | 258,30        |
| 11             | 25140,00        | 17100,00                          | 1,47                 | 437,20        |
| 12             | 10780,00        | 17100,00                          | 0,63                 | 319,50        |
| 13             | 30550,00        | 17100,00                          | 1,79                 | 358,90        |
| 14             | 33150,00        | 17100,00                          | 1,94                 | 434,30        |
| 15             | 24410,00        | 17100,00                          | 1,43                 | 315,20        |
| $\bar{x} =$    | <b>26995,33</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>1,58</b>          | <b>362,03</b> |
| $\sigma =$     | 6264,72         | 0,00                              | 0,37                 | 63,12         |

Tabela 05 - Resultado da resistência a compressão e módulo de elasticidade Lote 1 após 6 horas de imersão em água.

| LOTE 1 (6h) |                 |                                   |                      |               |
|-------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N           | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1           | 13570,00        | 17100,00                          | 0,79                 | 431,40        |
| 2           | 39480,00        | 17100,00                          | 2,31                 | 255,70        |
| 3           | 25460,00        | 17100,00                          | 1,49                 | 255,20        |
| 4           | 24090,00        | 17100,00                          | 1,41                 | 258,30        |
| 5           | 18880,00        | 17100,00                          | 1,10                 | 204,90        |
| 6           | 20530,00        | 17100,00                          | 1,20                 | 354,80        |
| 7           | 37420,00        | 17100,00                          | 2,19                 | 250,80        |
| 8           | 35110,00        | 17100,00                          | 2,05                 | 280,70        |
| 9           | 23120,00        | 17100,00                          | 1,35                 | 401,30        |
| 10          | 39380,00        | 17100,00                          | 2,30                 | 229,10        |
| 11          | 30360,00        | 17100,00                          | 1,78                 | 293,90        |
| 12          | 25340,00        | 17100,00                          | 1,48                 | 400,90        |
| 13          | 29730,00        | 17100,00                          | 1,74                 | 249,50        |
| 14          | 28360,00        | 17100,00                          | 1,66                 | 271,30        |
| 15          | 19580,00        | 17100,00                          | 1,15                 | 275,30        |
| $\bar{x} =$ | <b>27360,67</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>1,60</b>          | <b>294,21</b> |
| $\sigma =$  | 7900,59         | 0,00                              | 0,46                 | 69,08         |

Tabela 06 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 6 horas de imersão em água.

| LOTE 2 (6h) |                 |                                   |                      |               |
|-------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N           | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1           | 32200           | 17100                             | 1,883                | 363,30        |
| 2           | 46940           | 17100                             | 2,745                | 451,30        |
| 3           | 34100           | 17100                             | 1,994                | 486,70        |
| 4           | 29240           | 17100                             | 1,710                | 397,60        |
| 5           | 28220           | 17100                             | 1,650                | 426,80        |
| 6           | 28840           | 17100                             | 1,687                | 411,80        |
| 7           | 44640           | 17100                             | 2,611                | 528,10        |
| 8           | 23770           | 17100                             | 1,390                | 344,30        |
| 9           | 44960           | 17100                             | 2,629                | 491,70        |
| 10          | 28430           | 17100                             | 1,663                | 380,20        |
| 11          | 42880           | 17100                             | 2,508                | 767,70        |
| 12          | 28040           | 17100                             | 1,640                | 472,80        |
| 13          | 29710           | 17100                             | 1,737                | 513,20        |
| 14          | 45030           | 17100                             | 2,633                | 679,30        |
| 15          | 34850           | 17100                             | 2,038                | 433,00        |
| $\bar{x} =$ | <b>34790,00</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>2,03</b>          | <b>476,52</b> |
| $\sigma =$  | 7874,90         | 0,00                              | 0,46                 | 115,03        |

Tabela 07 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 1 após 12 horas de imersão em água.

| LOTE 1 (12h) |                 |                                   |                      |               |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N            | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1            | 34230           | 17100                             | 2,002                | 213,20        |
| 2            | 28890           | 17100                             | 1,689                | 332,00        |
| 3            | 33170           | 17100                             | 1,940                | 338,00        |
| 4            | 29190           | 17100                             | 1,707                | 300,00        |
| 5            | 31890           | 17100                             | 1,865                | 285,20        |
| 6            | 32170           | 17100                             | 1,881                | 347,90        |
| 7            | 30050           | 17100                             | 1,757                | 262,40        |
| 8            | 31610           | 17100                             | 1,849                | 250,40        |
| 9            | 28640           | 17100                             | 1,675                | 229,30        |
| 10           | 7080            | 17100                             | 0,414                | 403,00        |
| 11           | 36270           | 17100                             | 2,121                | 234,50        |
| 12           | 35920           | 17100                             | 2,101                | 292,40        |
| 13           | 39080           | 17100                             | 2,285                | 249,90        |
| 14           | 38340           | 17100                             | 2,242                | 226,30        |
| 15           | 20320           | 17100                             | 1,188                | 253,50        |
| $\bar{X} =$  | <b>30456,67</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>1,78</b>          | <b>281,20</b> |
| $\sigma =$   | 7949,92         | 0,00                              | 0,46                 | 54,21         |

Tabela 08 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 12 horas de imersão em água.

| LOTE 2 (12h) |                 |                                   |                      |               |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N            | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1            | 29580           | 17100                             | 1,730                | 361,40        |
| 2            | 31520           | 17100                             | 1,843                | 323,90        |
| 3            | 22440           | 17100                             | 1,312                | 133,00        |
| 4            | 48360           | 17100                             | 2,828                | 497,60        |
| 5            | 27570           | 17100                             | 1,612                | 432,90        |
| 6            | 26210           | 17100                             | 1,533                | 376,20        |
| 7            | 27690           | 17100                             | 1,619                | 475,90        |
| 8            | 28270           | 17100                             | 1,653                | 478,60        |
| 9            | 46610           | 17100                             | 2,726                | 345,30        |
| 10           | 35410           | 17100                             | 2,071                | 467,10        |
| 11           | 42850           | 17100                             | 2,506                | 606,70        |
| 12           | 32570           | 17100                             | 1,905                | 525,20        |
| 13           | 40220           | 17100                             | 2,352                | 652,40        |
| 14           | 29720           | 17100                             | 1,738                | 330,50        |
| 15           | -               | -                                 | -                    | -             |
| $\bar{X} =$  | <b>33501,43</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>1,96</b>          | <b>429,05</b> |
| $\sigma =$   | 8014,90         | 0,00                              | 0,47                 | 131,35        |

Tabela 09 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 1 após 24 horas de imersão em água.

| LOTE 1 (24h) |                 |                                   |                      |               |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N            | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1            | 32330           | 17100                             | 1,891                | 351,90        |
| 2            | 22380           | 17100                             | 1,309                | 461,60        |
| 3            | 32780           | 17100                             | 1,917                | 401,30        |
| 4            | 30500           | 17100                             | 1,784                | 464,10        |
| 5            | 38590           | 17100                             | 2,257                | 246,80        |
| 6            | 42470           | 17100                             | 2,484                | 348,10        |
| 7            | 26970           | 17100                             | 1,577                | 500,70        |
| 8            | 24100           | 17100                             | 1,409                | 399,00        |
| 9            | 26550           | 17100                             | 1,553                | 308,10        |
| 10           | 34220           | 17100                             | 2,001                | 313,90        |
| 11           | 37630           | 17100                             | 2,201                | 263,60        |
| 12           | 31140           | 17100                             | 1,821                | 346,50        |
| 13           | 27900           | 17100                             | 1,632                | 545,50        |
| 14           | 32820           | 17100                             | 1,919                | 343,90        |
| 15           | 31750           | 17100                             | 1,857                | 279,20        |
| $\bar{X} =$  | <b>31475,33</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>1,84</b>          | <b>371,61</b> |
| $\sigma =$   | 5456,02         | 0,00                              | 0,32                 | 88,91         |

Tabela 10 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 24 horas de imersão em água.

| LOTE 2 (24h) |                 |                                   |                      |               |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N            | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1            | 41320           | 17100                             | 2,416                | 407,30        |
| 2            | 51550           | 17100                             | 3,015                | 810,90        |
| 3            | 28130           | 17100                             | 1,645                | 344,30        |
| 4            | 33740           | 17100                             | 1,973                | 369,90        |
| 5            | 31670           | 17100                             | 1,852                | 424,90        |
| 6            | 38500           | 17100                             | 2,251                | 417,30        |
| 7            | 44970           | 17100                             | 2,630                | 509,50        |
| 8            | 21100           | 17100                             | 1,234                | 422,30        |
| 9            | 30560           | 17100                             | 1,787                | 474,10        |
| 10           | -               | -                                 | -                    | -             |
| 11           | 46430           | 17100                             | 2,715                | 448,70        |
| 12           | 45830           | 17100                             | 2,680                | 460,00        |
| 13           | 22600           | 17100                             | 1,322                | 265,40        |
| 14           | 32430           | 17100                             | 1,896                | 336,00        |
| 15           | 27610           | 17100                             | 1,615                | 449,80        |
| $\bar{X} =$  | <b>35460,00</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>2,07</b>          | <b>438,60</b> |
| $\sigma =$   | 9439,04         | 0,00                              | 0,55                 | 124,53        |

Tabela 11 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 1 após 48 horas de imersão em água.

| LOTE 1 (48h) |                 |                                   |                      |               |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N            | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1            | 33260           | 17100                             | 1,945                | 313,10        |
| 2            | -               | -                                 | -                    | -             |
| 3            | 30790           | 17100                             | 1,801                | 231,90        |
| 4            | 28990           | 17100                             | 1,695                | 268,30        |
| 5            | 20660           | 17100                             | 1,208                | 266,80        |
| 6            | 35770           | 17100                             | 2,092                | 194,00        |
| 7            | 33990           | 17100                             | 1,988                | 244,60        |
| 8            | 33590           | 17100                             | 1,964                | 247,80        |
| 9            | 34670           | 17100                             | 2,027                | 233,90        |
| 10           | 32450           | 17100                             | 1,898                | 376,80        |
| 11           | 37320           | 17100                             | 2,182                | 233,10        |
| 12           | 47290           | 17100                             | 2,765                | 321,00        |
| 13           | -               | -                                 | -                    | -             |
| 14           | -               | -                                 | -                    | -             |
| 15           | -               | -                                 | -                    | -             |
| $\bar{X} =$  | <b>33525,45</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>1,96</b>          | <b>266,48</b> |
| $\sigma =$   | 6365,76         | 0,00                              | 0,37                 | 51,74         |

Tabela 12 - Resultado da resistência a compressão e modulo de elasticidade Lote 2 após 48 horas de imersão em água.

| LOTE 2 (48h) |                 |                                   |                      |               |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| N            | Pmax (N)        | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) | f <sub>b</sub> (MPa) | E (MPa)       |
| 1            | 31200           | 17100                             | 1,825                | 360,00        |
| 2            | 42170           | 17100                             | 2,466                | 427,50        |
| 3            | 35020           | 17100                             | 2,048                | 579,60        |
| 4            | 32110           | 17100                             | 1,878                | 466,40        |
| 5            | 39390           | 17100                             | 2,304                | 559,30        |
| 6            | 31950           | 17100                             | 1,868                | 408,50        |
| 7            | 38200           | 17100                             | 2,234                | 594,30        |
| 8            | 24760           | 17100                             | 1,448                | 397,40        |
| 9            | 28100           | 17100                             | 1,643                | 450,70        |
| 10           | 40850           | 17100                             | 2,389                | 563,60        |
| 11           | 29050           | 17100                             | 1,699                | 501,20        |
| 12           | 44160           | 17100                             | 2,582                | 504,90        |
| 13           | 29580           | 17100                             | 1,730                | 498,80        |
| 14           | 15840           | 17100                             | 0,926                | 321,90        |
| 15           | 49690           | 17100                             | 2,906                | 1082,00       |
| $\bar{X} =$  | <b>34138,00</b> | <b>17100,00</b>                   | <b>2,00</b>          | <b>514,41</b> |
| $\sigma =$   | 8536,25         | 0,00                              | 0,50                 | 176,77        |

Gráfico 07 – Comparação resistência a compressão média dos blocos dos Lotes 1 e 2.

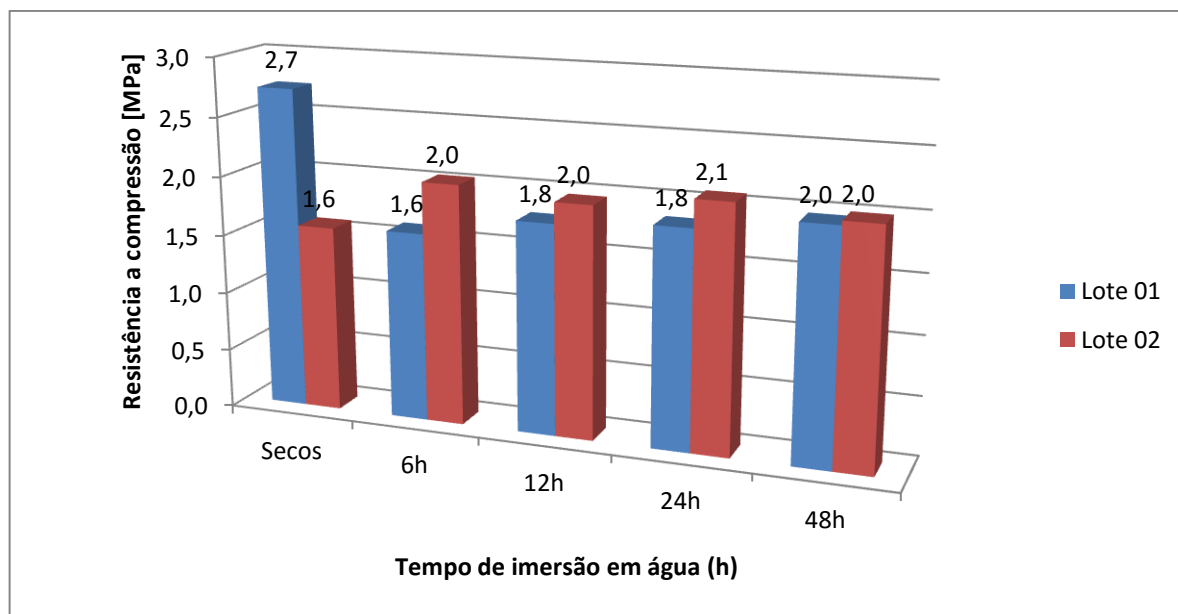
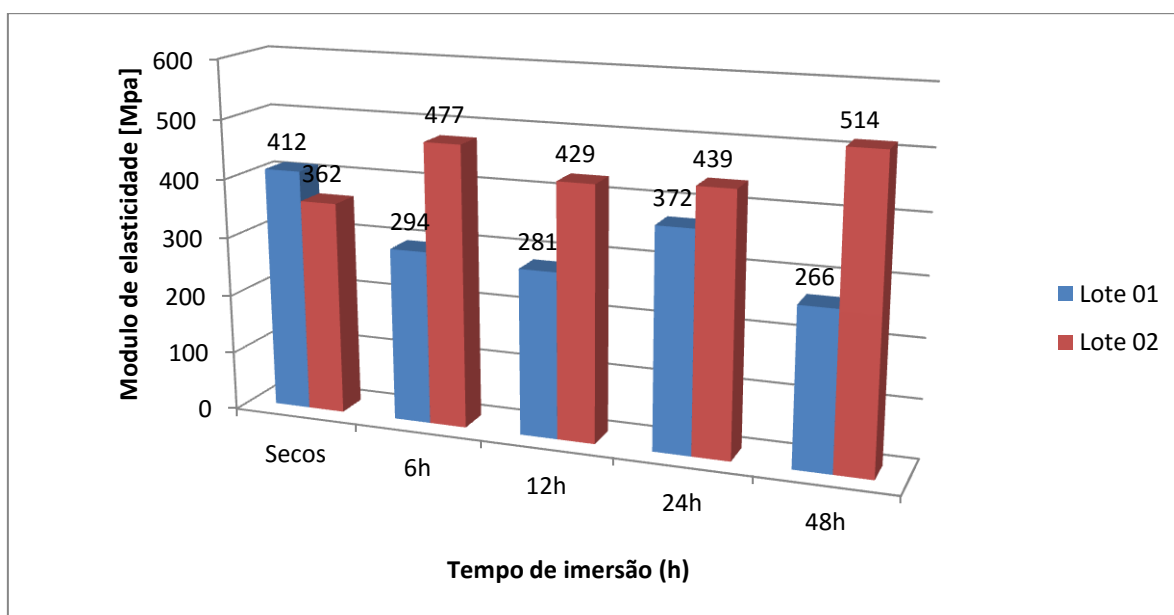


Gráfico 08 – Comparação módulo de elasticidade média dos blocos dos Lotes 1 e 2.



#### 4.2.2 Análise dos resultados

Em relação a resistência à compressão dos corpos-de-prova, podemos encontrar valores médios entre 1,60 e 2,73 MPa da análise do Lote 1, já para o Lote 2 encontramos valores entre 1,58 e 2,07 MPa.

No Lote 1 percebe-se que a resistência à compressão dos blocos saturados cai aproximadamente 33% comparados com os blocos secos, também percebe-se uma

significante queda no módulo de elasticidade, já em relação ao tempo de imersão em água não percebemos grandes mudanças no comportamento mecânico dos blocos.

No lote 02 os blocos saturados apresentaram um ganho de resistência de aproximadamente 30%, o módulo de elasticidade também apresentou um certo aumento.

#### 4.2.3 Resultados de outros pesquisadores

Em sua dissertação de mestrado Oliveira (1993) avaliou 75 blocos de 8 furos, comercializados no estado de Santa Catarina, produzidos por 5 olarias. A resistência à compressão mostra valores extremamente baixos. Apenas um lote com valores médios acima de 1,0 MPa. Nos outros lotes analisados, os valores não atingiram este valor mínimo recomendado pela NBR 7171. Verifica-se a baixa qualidade do material. Existe assim, grande possibilidade de quebras no transporte e na manipulação do material.

No levantamento feito por Pilz *et al* (2015) no estado de Santa Catarina, em que 3 dos 5 lotes comercializados no oeste eram certificados e dois não, idem para os lotes do litoral, resultou que somente os blocos certificados do oeste foram aprovados, obtendo resistência superior a 1,5 MPa em mais de 12 dos 13 corpos-de-prova, e os lotes não certificados foram rejeitados, obtendo resistência inferior ao padrão em mais de 10 dos 13 blocos. Enquanto os blocos do litoral, somente um lote certificado conseguiu resistência inferior a 1,5 MPa em 2 dos 13 blocos prensados, todos os outros 4 lotes foram rejeitados por apresentarem não conformidades igual e superior a três.

No ensaio de resistência à compressão de blocos comercializados no Distrito Federal por três fornecedores: Minas Gerais (MG), Goiás (GO) e o próprio DF. Foram ensaiadas (A, B, C, D e E), Sposto *et al* (2000) percebeu um problema quanto a uniformidade das resistências nos blocos em A: apesar de apenas um bloco ter rompido com menos de 1,0 MPa, ocorreram variações de mais de 2,0 MPa. Já a amostra B apresentou menores variações mas ainda com resistências muito baixas. O mesmo evento pode ser constatado praticamente em todas as amostras, o que nos faz concluir preliminarmente que há problemas de controle de qualidade no processo de produção destes blocos.

Em sua dissertação, Pessoa (2003) amostrou blocos comercializados no estado de Pernambuco e encontrou resultados superiores a 2 MPa, somente um bloco obteve resistência de 1,95 MPa. A resistência média desta amostra foi de 2,61 MPa, com desvio padrão de 0,62.

### 4.3 Determinação gráfica do Módulo de Elasticidade

Outra análise para o módulo de elasticidade foi feita juntando todos os 15 blocos de cada ensaio em apenas um gráfico e com o auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel® traçamos uma curva de tendência, o módulo de elasticidade é encontrado a partir da equação dessa curva.

Gráfico 09 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados em condições ambientes.

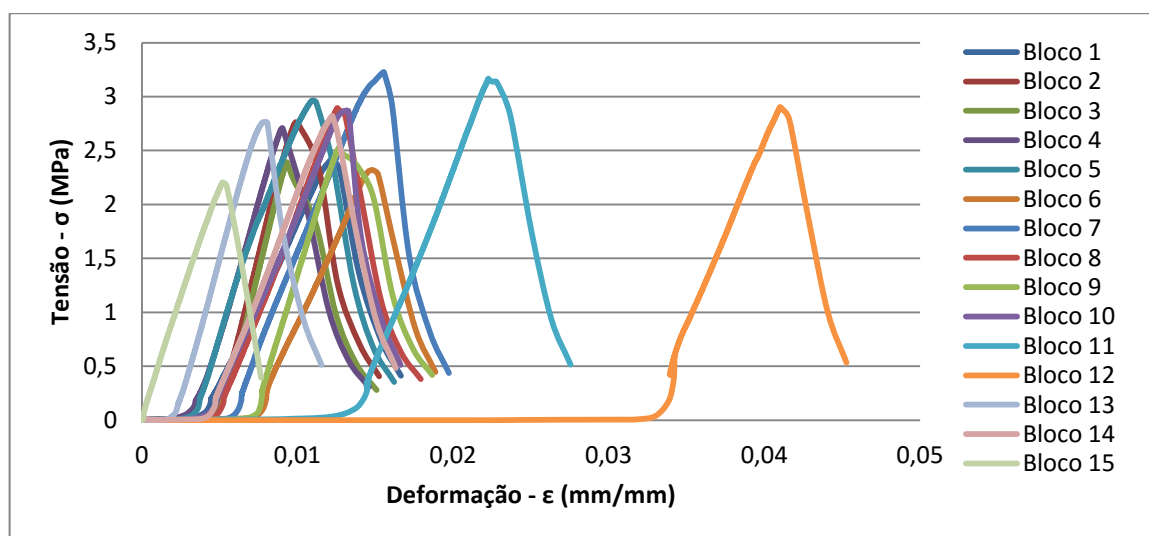
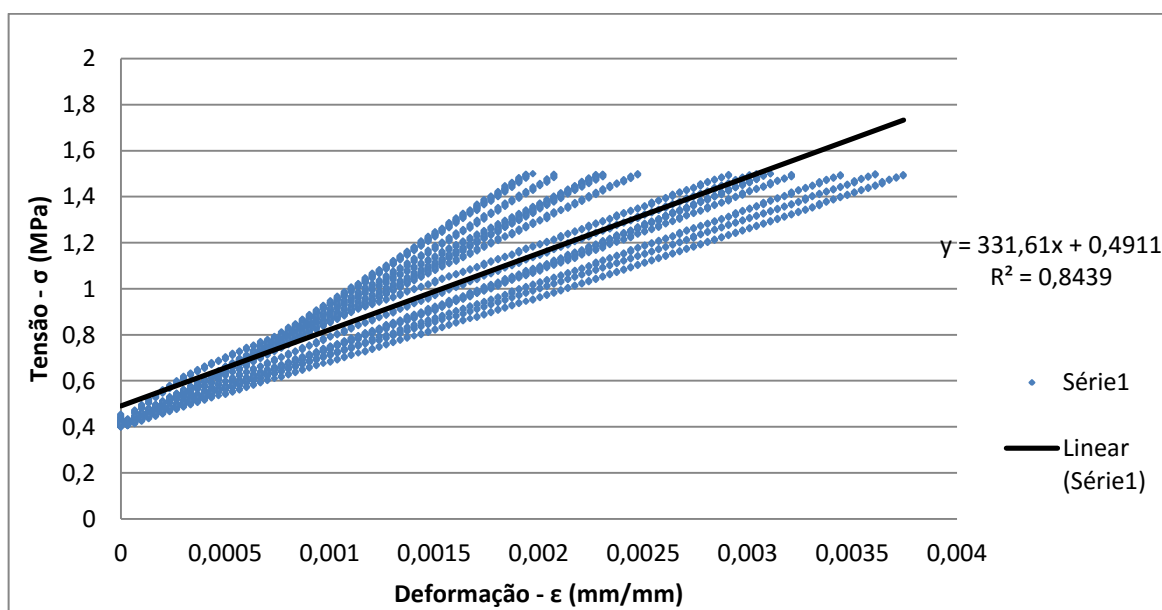


Gráfico 10 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados em condições ambientes, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 1 ensaiados em condições ambientes, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 332 MPa. Ver Gráfico 09.

Gráfico 11 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 12 horas de imersão em água.

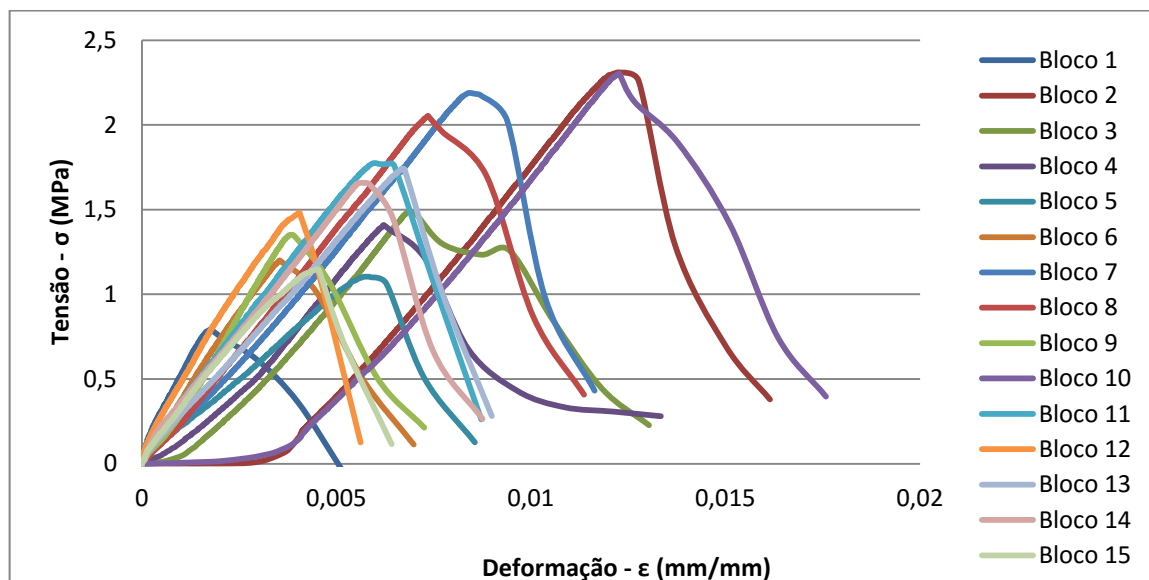
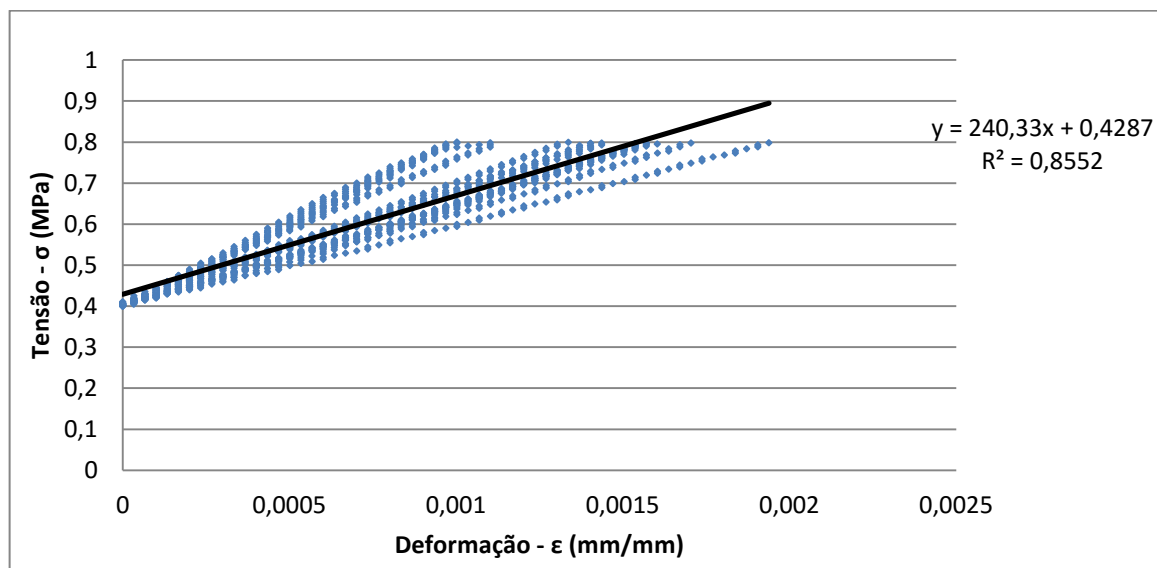


Gráfico 12 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 6 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 1 ensaiados após 6 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 240 MPa. Ver Gráfico 11.

Gráfico 13 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 12 horas de imersão em água.

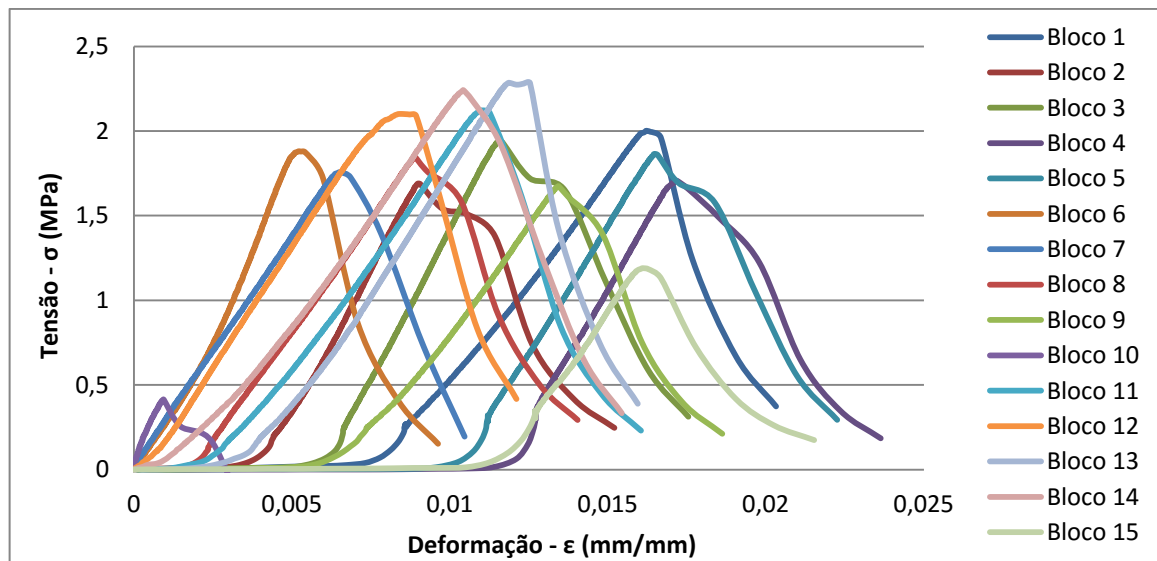
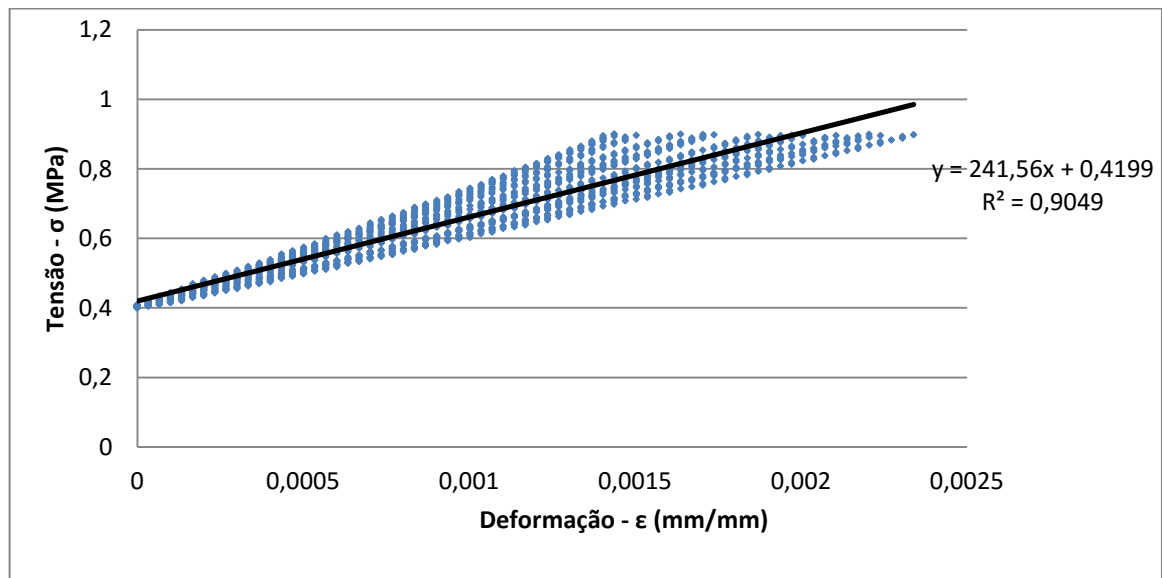


Gráfico 14 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 12 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 1 ensaiados após 12 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 242 MPa. Ver Gráfico 13.

Gráfico 15 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 24 horas de imersão em água.

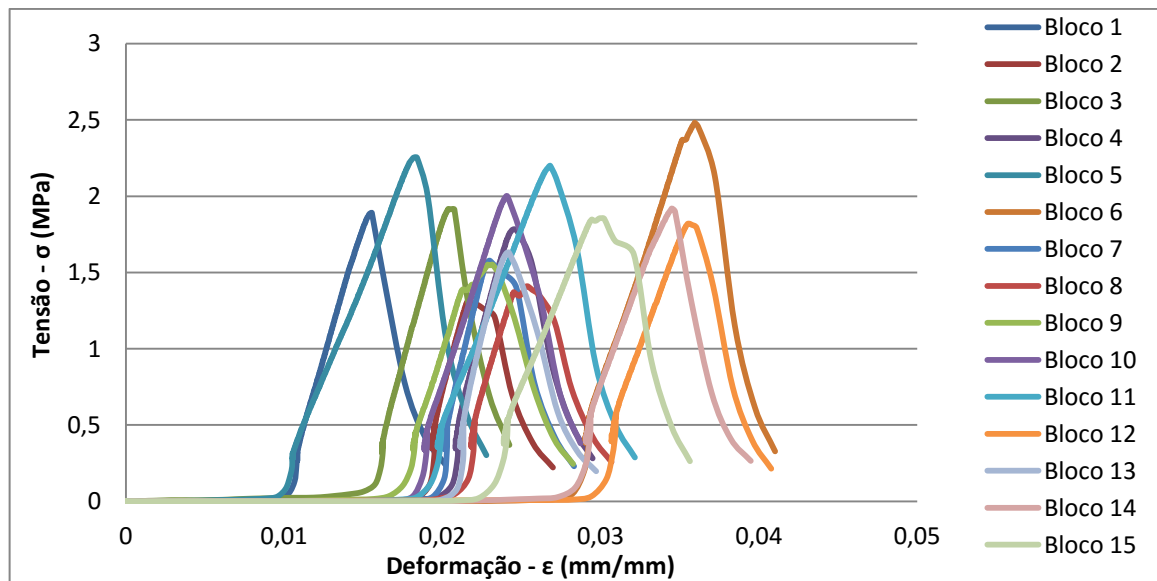
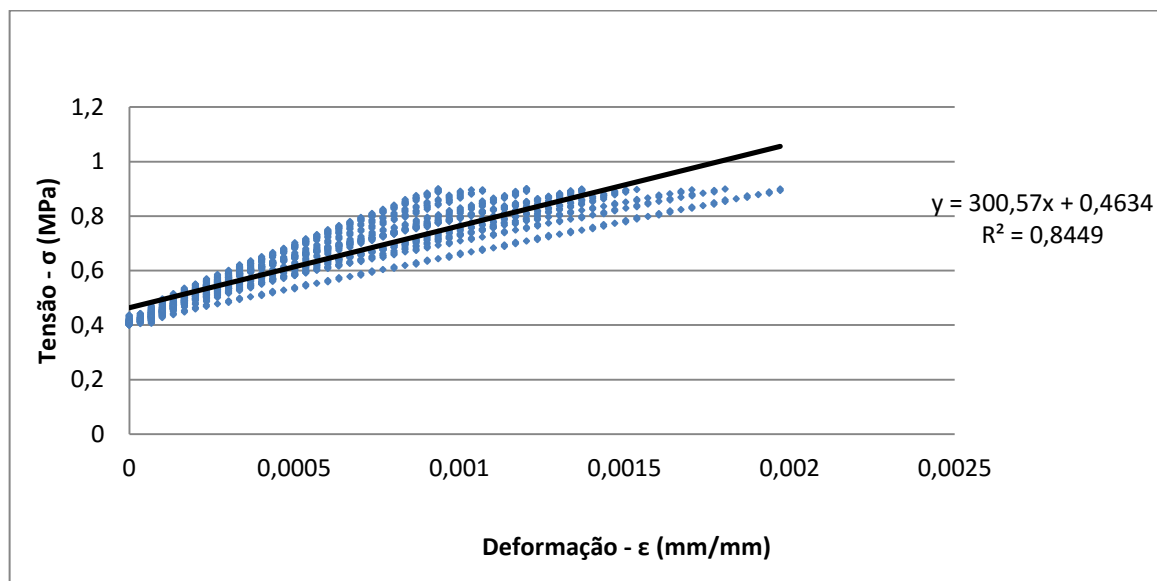


Gráfico 16 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 24 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 1 ensaiados após 24 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 301 MPa. Ver Gráfico 15.

Gráfico 17 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 1 ensaiados após 48 horas de imersão em água.

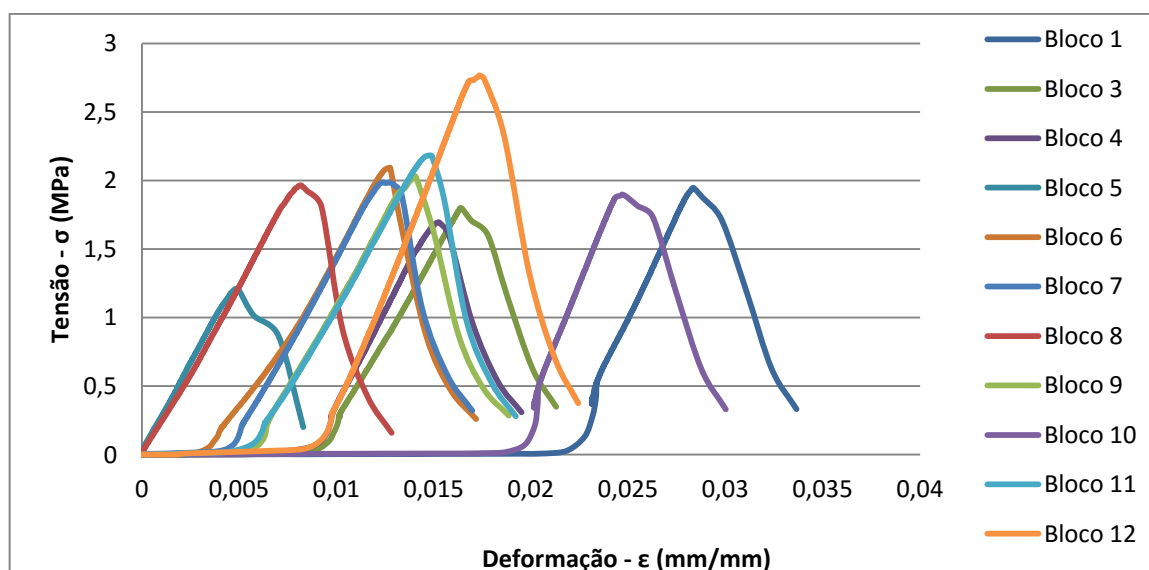
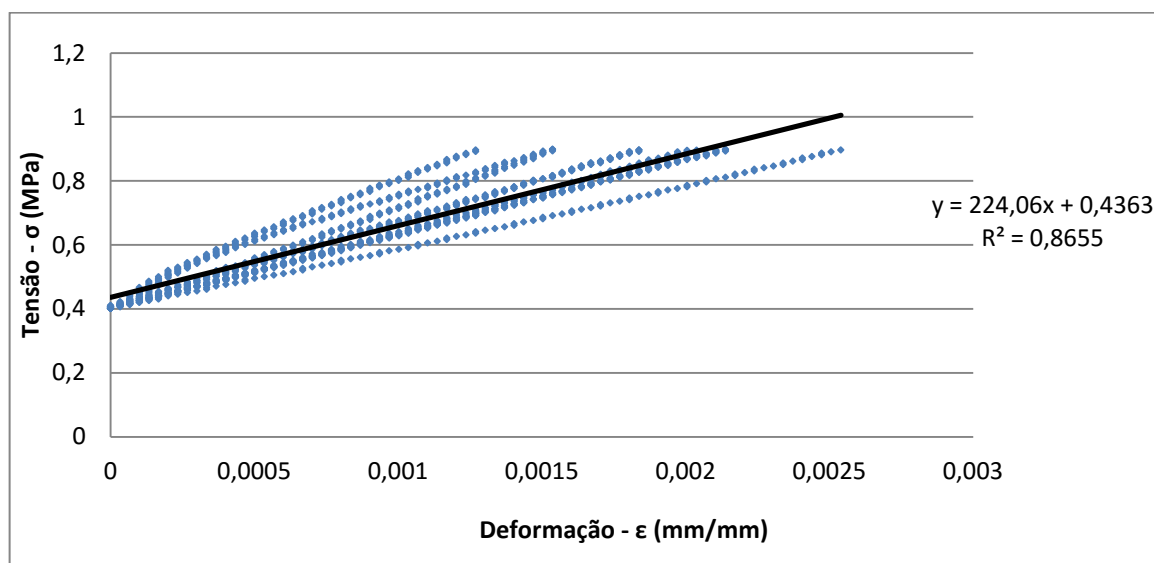


Gráfico 18 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 1 ensaiados após 48 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 1 ensaiados após 48 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 224 MPa. Ver Gráfico 17.

Gráfico 19 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados em condições ambientes.

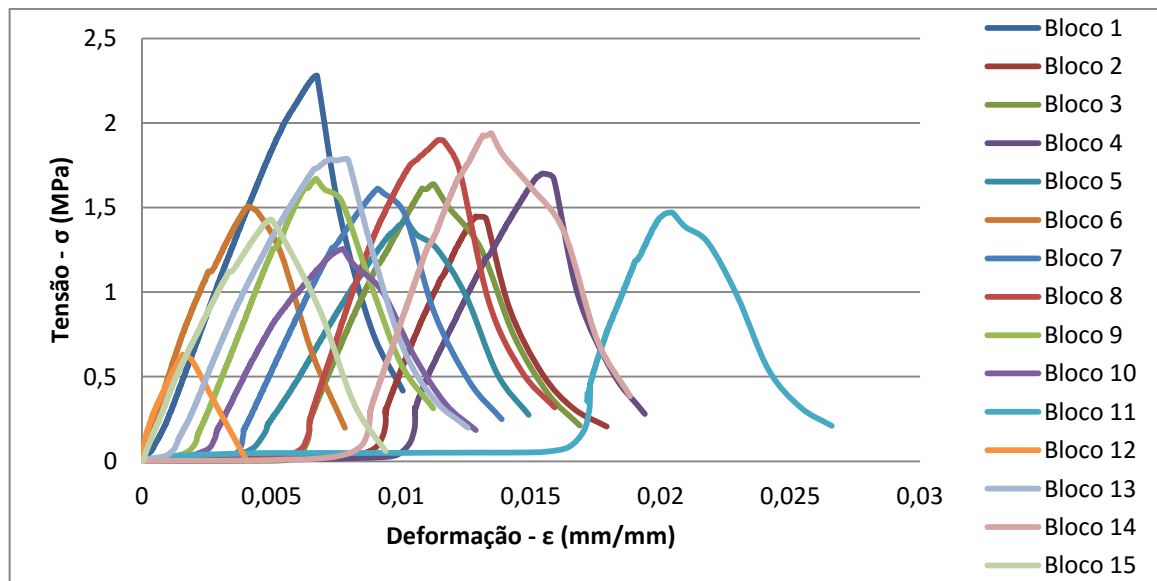
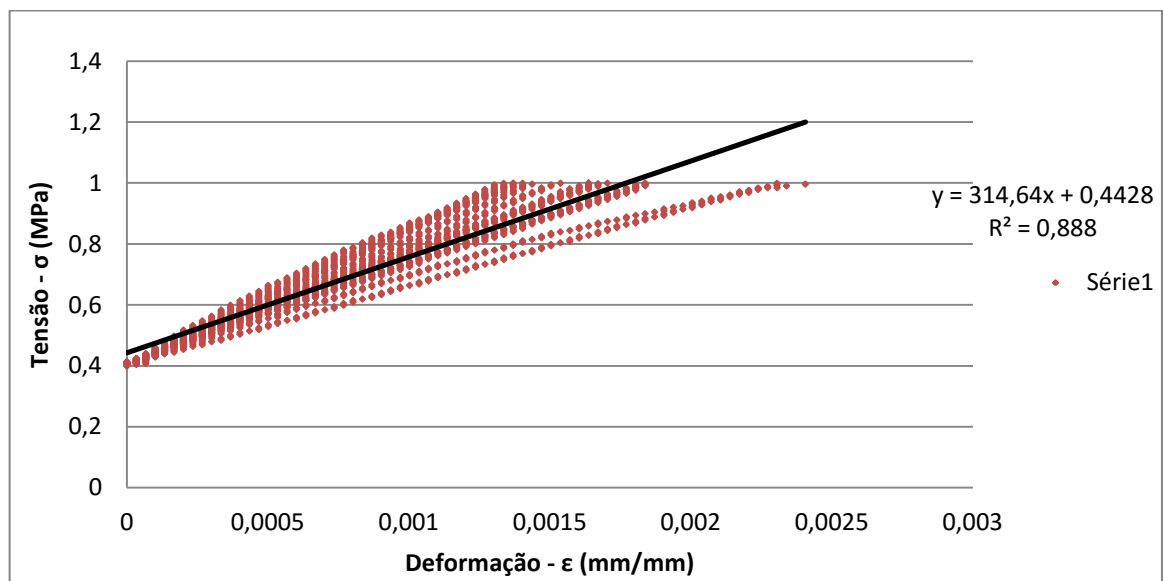


Gráfico 20 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados em condições ambientes, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 2 ensaiados em condições ambientes, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 315 MPa. Ver Gráfico 19.

Gráfico 21 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 6 horas de imersão em água.

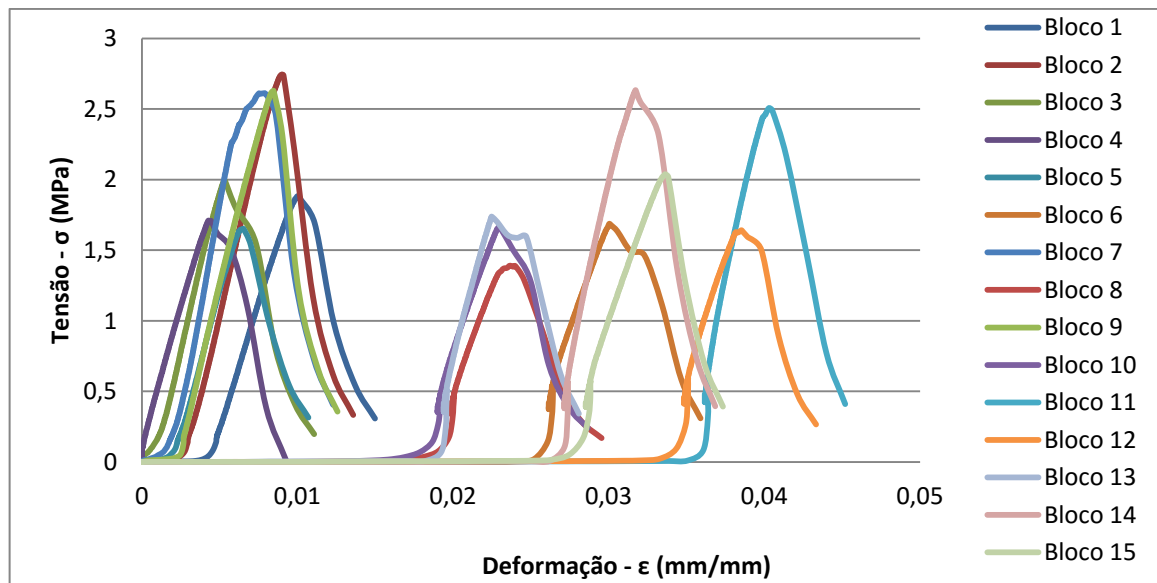
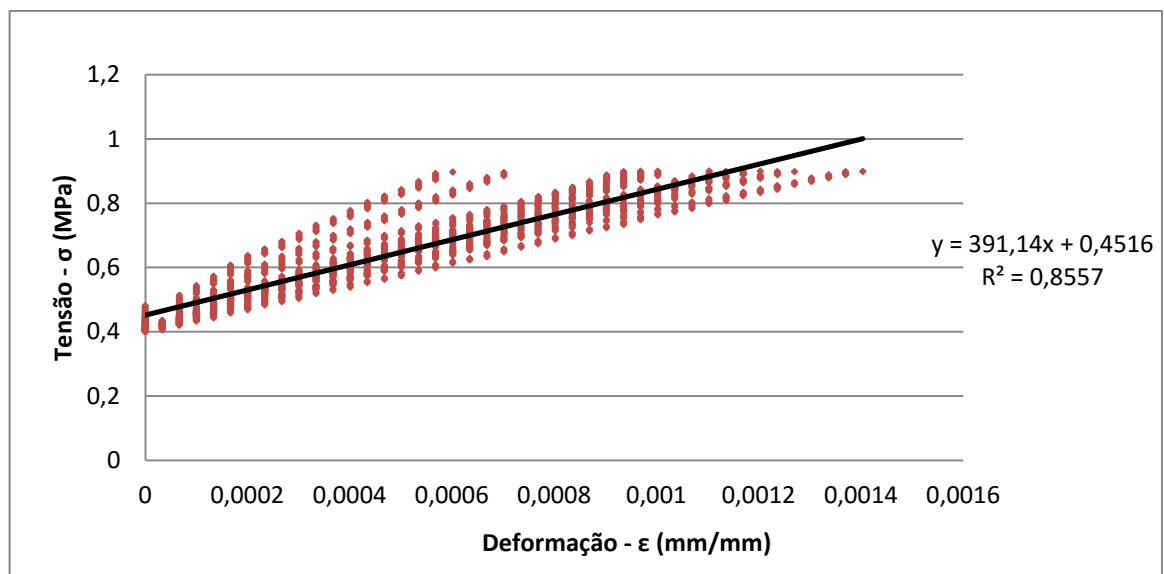


Gráfico 22 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 6 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 2 ensaiados após 6 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 391 MPa. Ver Gráfico 21.

Gráfico 23 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 12 horas de imersão em água.

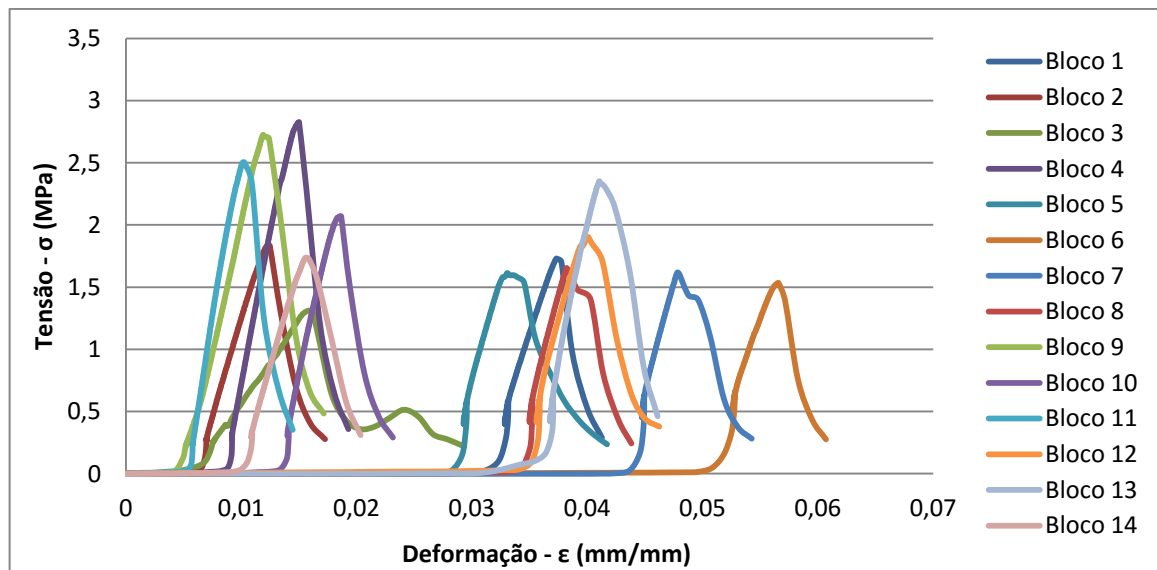
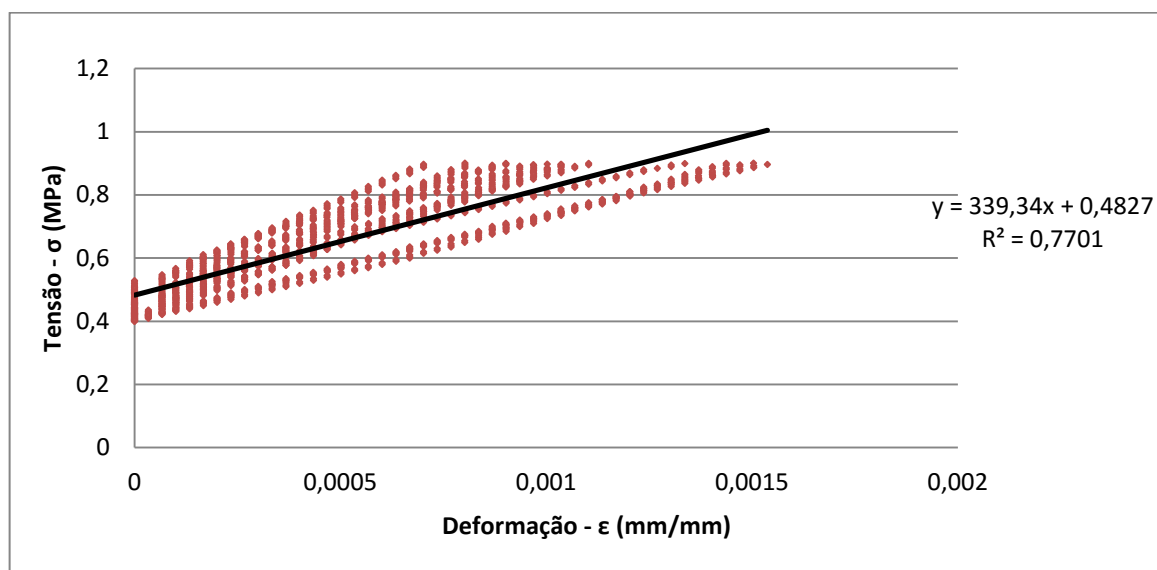


Gráfico 24 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 12 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 2 ensaiados após 12 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 339 MPa. Ver Gráfico 23.

Gráfico 25 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 24 horas de imersão em água.

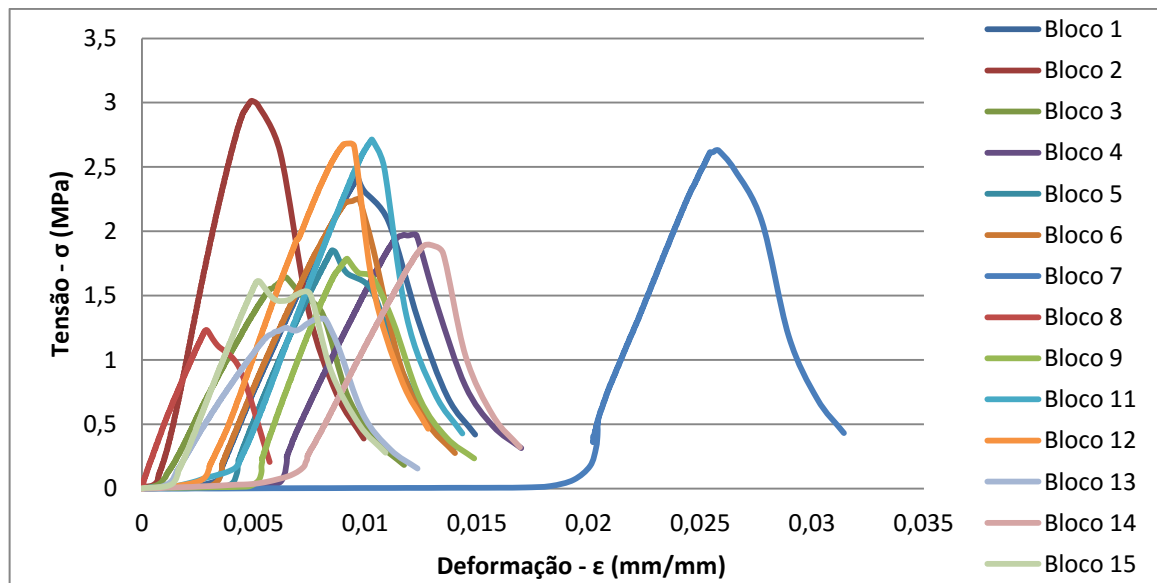
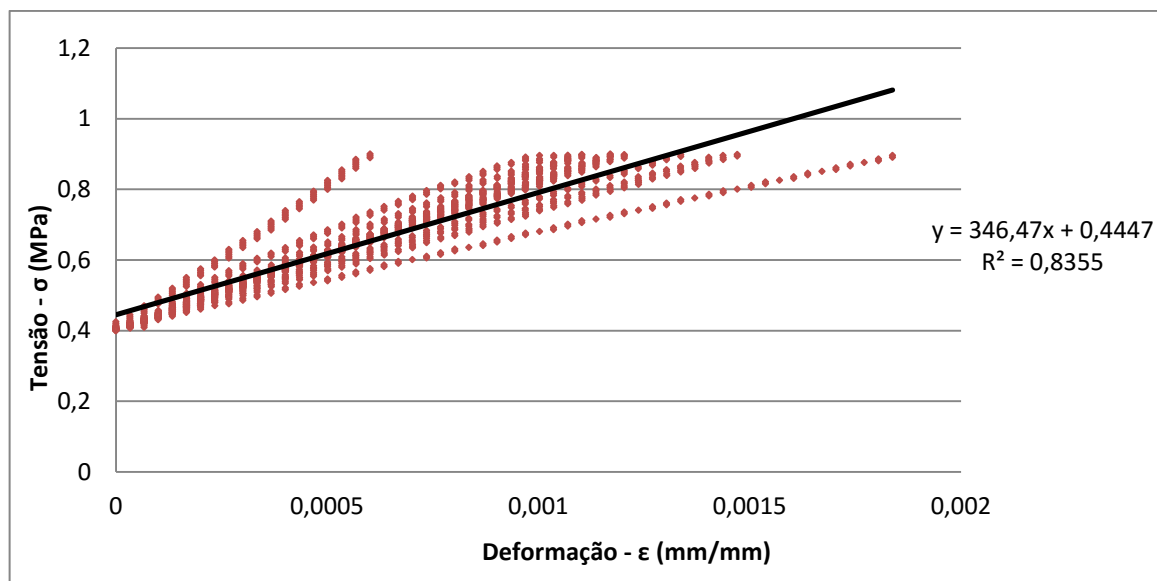


Gráfico 26 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 24 horas de imersão em água, retirada da curva de ruptura.



Na série de blocos do Lote 2 ensaiados após 24 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 346 MPa. Ver Gráfico 25.

Gráfico 27 - Curva de ruptura dos blocos do Lote 2 ensaiados após 48 horas de imersão em água.

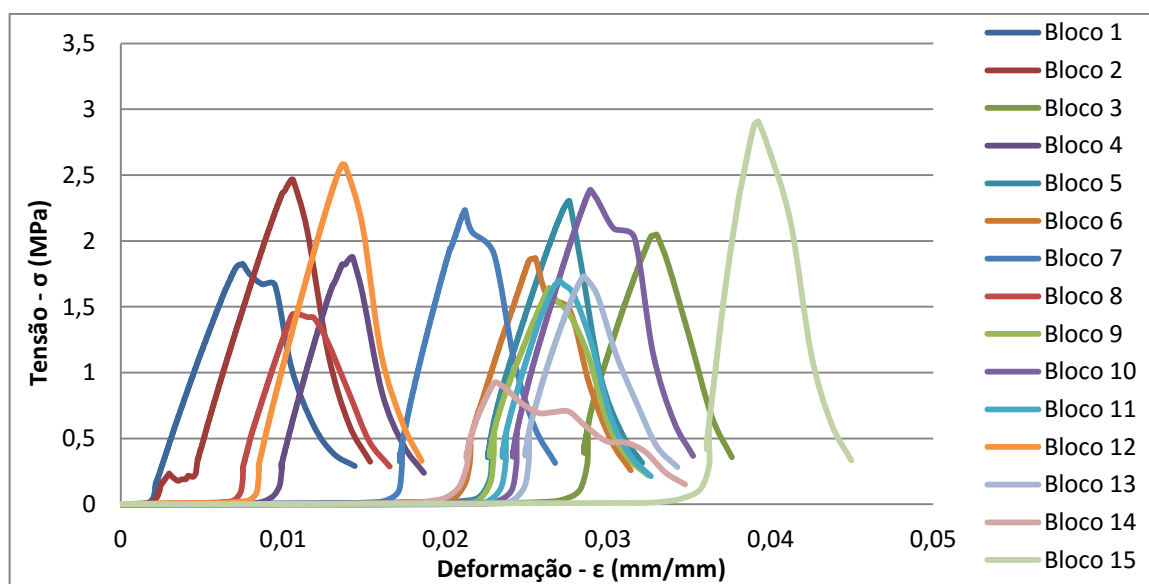
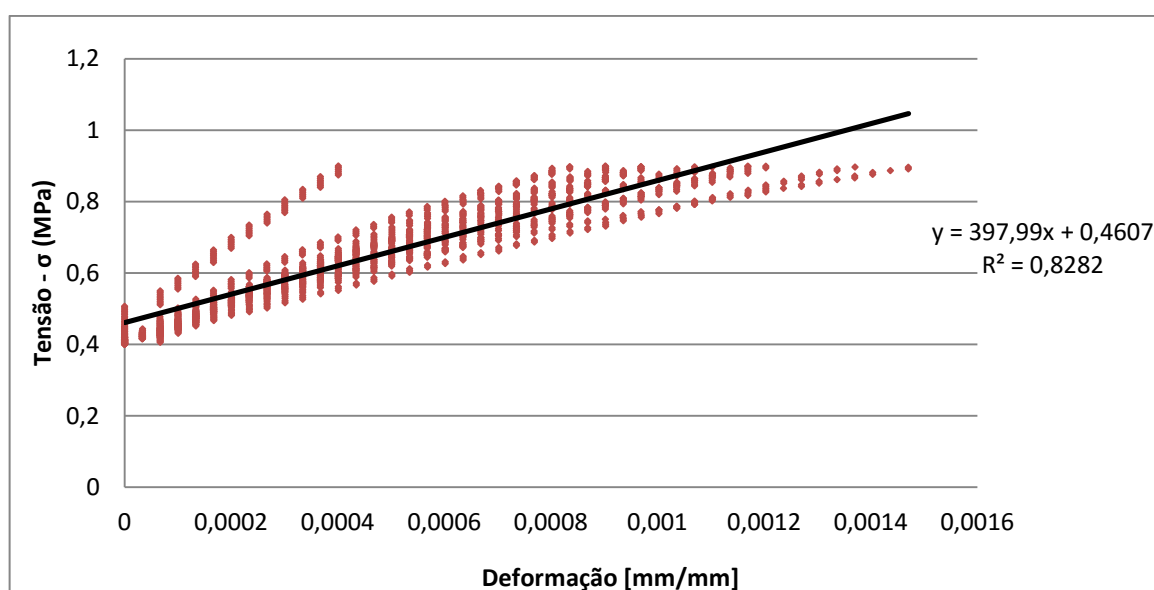


Gráfico 28 - Retas do regime elástico da série de blocos do Lote 2 ensaiados após 48 horas de imersão em água, retirada da curva ruptura.



Na série de blocos do Lote 2 ensaiados após 48 horas de imersão em água, encontramos um valor do módulo de elasticidade de aproximadamente 398 MPa. Ver Gráfico 27.

#### 4.3.1 Comparação entre análise individual e gráfica do módulo de elasticidade

Comparando a média do módulo de elasticidade dos blocos analisados individualmente com a análise gráfica percebemos que na análise gráfica os resultados são aproximadamente 20% menor. Ver Gráficos 28 e 29.

Gráfico 29 - Comparação entre análise individual (01) e gráfica (02) do Lote 1.

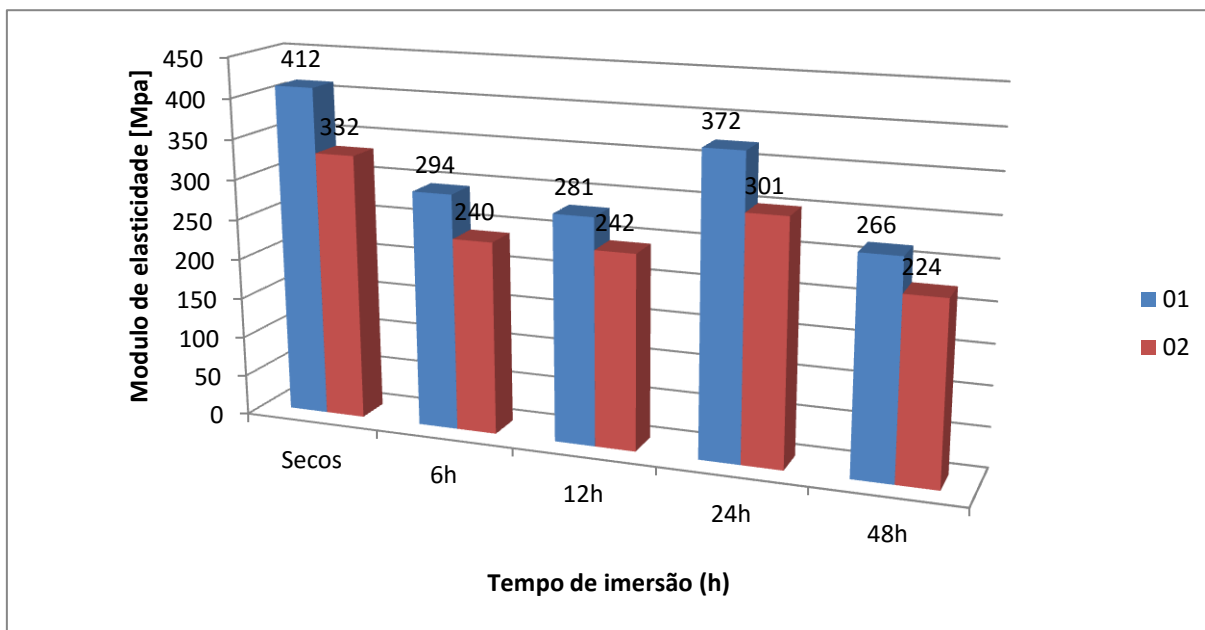
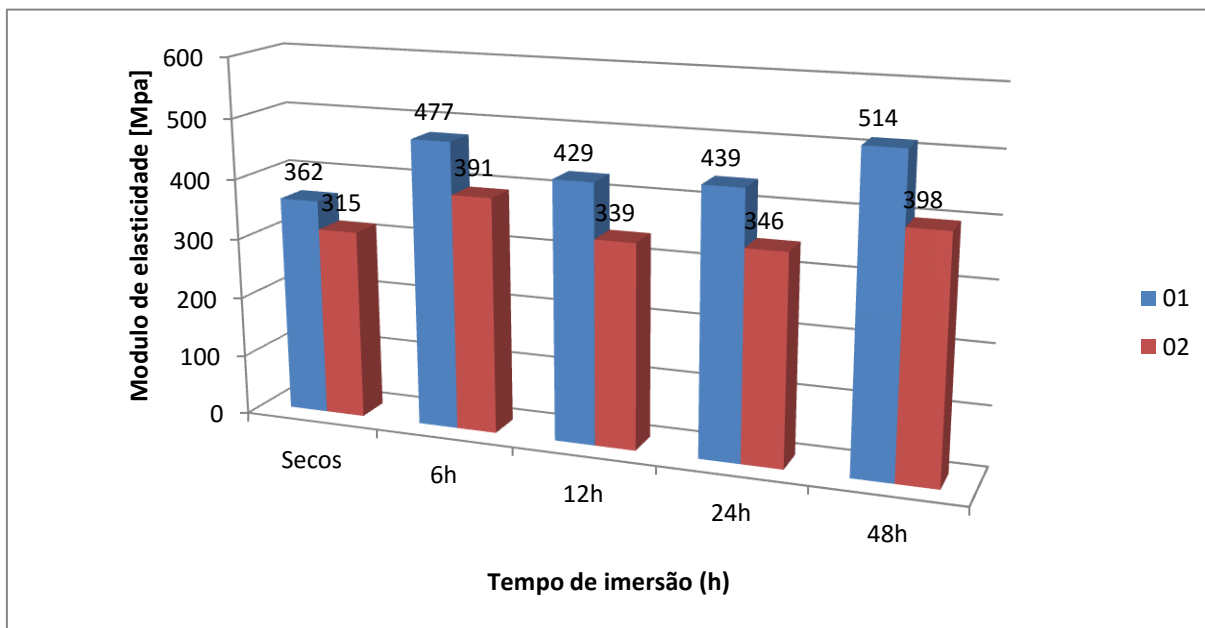


Gráfico 30 - Comparação entre análise individual (01) e gráfica (02) Lote 2.



## 5 CONCLUSÕES

Em relação as propriedades avaliadas dos tijolos, observa-se que os valores do índice de absorção d'água apresentados por eles estavam dentro da faixa de permissão, mesmo deixando os blocos submersos em água por muito tempo. Percebe-se que o índice de absorção se estabiliza com o tempo, ou seja, após 6 horas submersos em água, o índice de absorção dos blocos apresenta ganhos significativos, mas não de grande proporção.

Os blocos ensaiados apresentaram uma grande variabilidade tanto no módulo de elasticidade quanto na resistência à compressão, alguns blocos apresentaram resistência a compressão inferior a 1,5 MPa (exigência da NBR).

Os corpos do Lote 1 apresentaram uma aparente fragilidade quando saturados, isso se reflete nos resultados de resistência à compressão, pois apresentou queda de aproximadamente 33% em relação aos blocos em umidade ambiente. Porém nas amostras do Lote 02, nota-se um aumento de 30% nos valores de resistência à compressão quando comparados com os blocos em condições ambientes. No entanto, nos dois lotes estudados, não observamos nenhuma relação entre diversos intervalos de imersão e a resistência à compressão. Podemos perceber um comportamento semelhante para módulo de elasticidade. Ver Gráficos 06 e 07.

O que se conclui em relação ao comportamento gráfico de ruptura dos corpos-de-prova é que para cada condição de umidade dos blocos, observa-se obter um formato diferente, em alguns casos curvas mais inclinadas, já em outros casos, curvas mais suaves. Outra característica apresentada é que a ruptura se dá de forma brusca. Em relação ao módulo de elasticidade, encontramos para o Lote 1 valores entre 251 e 378 MPa, já para o Lote 2, valores entre 352 e 484 MPa, ou seja, os corpos-de-prova do segundo lote apresentaram um módulo de elasticidade maior comparado com o primeiro lote. Percebe-se que, atualmente, é necessário maiores pesquisas e exigências normativas relacionadas ao módulo de elasticidade de blocos cerâmicos, pois até então existem poucas. Dessa forma, cumprimos com todos os objetivos pré-estabelecidos.

Percebe-se que a maioria dos tijolos cerâmicos que compõem os referidos lotes apresentaram algum tipo de alguma inadequação geométrica ou defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações, que possivelmente aconteça posterior à produção dos blocos cerâmicos. No processo de pós-confecção e durante o transporte, são percebidas falhas no procedimento em função do meio de transporte (estrada) e mão-de-obra

desqualificada, pois os blocos acabam chocando-se entre si e contra o veículo, e sabe-se que, qualquer vibração ou despreparo no manuseio acaba trincando e fissurando os blocos.

Entende-se que, para melhorar a qualidade dos produtos no processo de fabricação, uma mudança mais eficaz seria a vigência de normatização específica com o intuito de determinar requisitos e procedimentos necessários a serem cumpridos pelas olarias. Pois com o aumento do mercado da construção civil, os blocos são produzidos em larga escala e mais rapidamente, não havendo um controle rigoroso neste aspecto.

Uma opção interessante para evitar as falhas no procedimento de transporte é a utilização de paletes, onde os blocos acomodam-se protegidos de possíveis defeitos, e facilita-se o manuseio por meio de empilhadeiras.

Durante o levantamento de referências bibliográficas percebe-se que, atualmente, há poucas pesquisas direcionadas a este assunto. A maioria dos trabalhos publicados foram feitos há uma década com uma referência normativa diferente da que utilizamos. Logo, aconselha-se o desenvolvimento de pesquisa e estudo aprofundados, com mais amostras, maior espaço de tempo e maior quantidade de lotes produzidos e vendidos na Região Metropolitana do Recife, chegando a resultados mais detalhados e possibilitando uma melhora no produto final de acordo com suas características e variáveis como matéria-prima, clima e mão de obra. E também mais estudos relacionados ao módulo de Young e levantamento direcionado a avaliação das olarias e das características geométricas, físicas e mecânicas em função de possíveis mudanças no processo de produção. Percebe-se que há maior controle, conhecimento e pesquisas relacionados ao contexto construtivo em que este material está inserido, porém pouco a respeito do seu processo de produção.

Pode-se chegar à conclusão que há muito para melhorar nessa área, em função do aumento da preocupação com programas de qualidade. Para que isso aconteça, é necessário a conscientização dos produtores. Os blocos cerâmicos são um produto de grande importância para a construção civil brasileira, porém um material para o qual não se considera o aumento de tecnologia ou a melhora na produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Fabiana Santos. **Análise do comportamento estrutural de um conjunto de edifícios com alvenaria resistente submetidos à ação de recalques**. Recife: UFPE, 2006.
- ANDRADE, T. **Notas de Aulas da Disciplina: Materiais de Construção Civil 1 - Graduação em Engenharia Civil**, UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C67 – 14. Standard Test for Sampling and testing Brick and Structural Clay Tile**. In: Annual Book of ASTM Standards, 2014.
- ANDRADE, Samá Tavares de. **A influência das características do revestimento na resistência à compressão das peredinhas de alvenaria dos blocos cerâmicos de vedação**. Recife: UFPE, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1, Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15270-2, Componentes cerâmicos**. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15270-3, Componentes cerâmicos**. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6461, Bloco cerâmico para alvenaria – Verificação da Resistência à Compressão**. Rio de Janeiro, 1983.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7171, Bloco cerâmico para alvenaria** – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.
- \_\_\_\_\_. **NBR 8042, Bloco cerâmico para alvenaria – Formas e Dimensões**. Rio de Janeiro, 1992.
- BASTOS, Frederico Assis. **Avaliação do processo de fabricação de telhas e blocos cerâmicos visando a certificação do produto**. Florianópolis: UFSC, 2003.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Engenharia para prédios-caixão na Região Metropolitana de Recife** / Caixa Econômica Federal. – Brasília: CAIXA, 2012.
- CALLISTER, William D. Jr. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- CAMPOS, Maurício Dias. **Considerações sobre soluções para recuperação de prédios construídos com alvenaria resistente**. Recife: UFPE, 2006.

- CERÂMICA SALEMA. Disponível em: <<http://www.ceramicasalema.com.br/blocos-de-vedacao/>>. Acessado em: 07.07.16.
- FRANCO, L. S. O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. In: Seminário tecnologia e Gestão na produção de edifícios., 1998, São Paulo. **Anais...** Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais, 1998. p. 221-236.
- GERE, James M.; Goodno, Barry J. **Mecânica dos materiais**. Tradução Luis Fernando de Castro Paiva, All Tasks; revisão técnica Marco Lucio Bittencourt, Demetrio C. Zachariadis. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Bloco Cerâmico (Tijolo)**. Informação ao Consumidor. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>>. Acessado dia 11.07.16.
- JUSTE, A. E. **Estudo da resistência e da deformabilidade da alvenaria de blocos de concreto submetida a esforço de compressão**. 2001. 235 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2001.
- NASCIMENTO, O. L. **Alvenarias**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS, 2004 .
- OLIVEIRA, R. A. **Notas de Aulas da Disciplina: Alvenaria Estrutural – Mestrado em Estruturas**, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- OLIVEIRA, R. A.; PIRES SOBRINHO, C. W. A. Acidentes com prédios em alvenaria resistente na região metropolitana do recife. In: Congresso Internacional Sobre o Comportamento de Estruturas Danificadas, 4., 2005, João Pessoa. **Anais...** Disponível em: <<http://www.itep.br/images/Biblioteca/Civil/acidentes%20com%20prdios%20em%20alvenaria%20resistente.pdf>>. Acessado em: 11.07.16.
- OLIVEIRA, Sônia Medeiros de. **Avaliação dos blocos e tijolos cerâmicos do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 1993.
- PEREIRA, M. F. P. **Anomalias em Paredes de Alvenaria sem função Estrutural**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Braga: Universidade do Minho, 2005.
- PESSOA, Victor José Holanda. **Comportamento compressivo de prismas e blocos cerâmicos assentados à galga e ao chato utilizados em embasamentos de paredes de alvenaria resistente**. Recife: UFPE, 2013.
- PILZ, S. E.; PAVAN, R. C.; RITTER, M. G.; CAVALHEIRO, E. K.; NARCISO, M. V. Verificação da qualidade dos blocos cerâmicos conforme NBR 15270 comercializados em Santa Catarina. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 2, p. 19-26, 2015. ISSN 2358-6508.
- PRATA, D. G. ; PORTO, M. E. ; FURTADO, M. L. S. ; FERREIRA, M. G. V. X. ; MELO, M. J. A. C. ; MAIA, T. Q. . Histórico, experiências e características das construções em

- alvenaria resistente na RMR. In: Marcelino Epaminondas Porto, Tácito Quadros Maia. (Org.). **ENGENHARIA PARA PRÉDIOS-CAIXÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE**. 1ªed.Brasília: CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012, v. , p. 33-55.
- ROMAN, H. R. Características físicas e mecânicas que devem apresentar os tijolos e blocos cerâmicos para alvenarias de vedação e estrutural. In: III SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1991, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: UFSC, 1991.
- SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural silicoálcária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1984.
- SANTOS, Mauro Joel Friederich dos. **Análise da resistência de prismas e pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica para diferentes tipos de argamassas**. Santa Maria: UFSM, 2008.
- SILVA, J.J.R. **Notas de Aulas da Disciplina: Projeto de Construção Civil** - Graduação em Engenharia Civil, UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- SILVA, N. C.; SILVA, A. D.; GUIMARÃES, M. C.; SORDI, V. L.; MARTINS C. Qualidade dos produtos e relações com a indústria da Construção Civil em São Carlos - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 45., 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABC, 2001.
- SPOSTO, Rosa M.; PERINI, André S. Caracterização e avaliação da qualidade dos blocos cerâmicos furados para alvenaria de vedação fornecidos para o Distrito Federal - DF. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2000, Salvador. **Anais... VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - MODERNIDADE E SUSTENTABILIDADE ENTAC 2000**, 2000. v. II. p. 1-8.
- TAGUCHI, Mário Koji. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. Curitiba: UFPR, 2008.
- THOMAZ, E. **Código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.